

明細書

無線通信方法および無線通信装置

技術分野

[0001] 本発明は、無線通信ネットワークにおけるアドホック通信をするときの無線通信方法および無線通信装置に関する。

背景技術

[0002] 従来より、この無線通信方法および無線通信装置としては、例えば、特開2003-229869号公報に記載されているようなものがあった。図42は特開2003-229869号公報に記載された無線通信方法を示すものであり、無線ネットワークにおいて、制御局を配置せずに、無線通信装置同士が直接通信する無線通信方法を示している。

[0003] 図42において、無線通信装置は所定の時間間隔で自己の情報受信開始位置を示す受信タイミング情報と受信ウインドウ情報と受信周期情報を記載した管理情報を送信する(M1～M4)。この管理情報を受信できた他の無線通信装置は、該当する無線通信装置の通信装置番号に関連付けて、受信タイミングと受信ウインドウ、受信周期を記憶する。そして、当該他の無線通信装置は、情報伝送時に、通信相手の受信タイミングと受信ウインドウ、受信周期とから該当する無線通信装置における受信開始位置を求めて、そのタイミングで情報を送信する。

[0004] なお、管理情報は、管理情報交換領域(以下、「ビーコンピリオド」という。)(C1、C5)で全ての無線通信装置がそれぞれのビーコンスロットでビーコンを送信し交換している。

[0005] しかしながら、従来の方法では、ビーコンピリオドが固定時間であるため、予めいくつのビーコンを送信するかわからないような無線ネットワークシステムにおいては、次のような課題を有していた。すなわち、実際にこの無線ネットワークシステムに加入している無線通信装置が予め想定していたノード数よりもはるかに小さなノード数であった場合には、ビーコンピリオドは空き時間が多く、通信効率が良くない。

[0006] また、ビーコンピリオドの時間はすべてのノードが受信待ち状態で動作し続けるた



め、必要以上に長いビーコンピリオドは余計な電力を消費することになるので、消費電力の無駄が増えてしまう。

- [0007] さらに、同じ無線通信方式を採用する、他の無線ネットワークシステムが近隣に存在する場合に、ビーコンピリオドが長い程、ビーコンピリオド同士が衝突したり、データ通信が衝突したりする可能性が高くなってしまう。
- [0008] 一方、この無線ネットワークシステムに加入している無線通信装置が予め想定していたノード数より大きな数であった場合には、ビーコンの空きスロットが不足してしまい無線ネットワークシステムに参加できない無線通信装置が生じてしまう。

発明の開示

- [0009] 本発明の目的は、無線ネットワークシステムに加入する無線通信装置の数が動的に変動しても、通信効率の良い、かつ消費電力の無駄も少ない無線通信方法を提供することにある。
- [0010] 本発明に係る無線通信方法は、無線通信装置がビーコンピリオドにおいてビーコンを互いに衝突しないように送信する無線通信方法において、無線通信装置がビーコンピリオド内に、自己のビーコンを送信する期間であるビーコンスロットより以前に空きビーコンスロットを検出したとき、自己のビーコンスロットを空きビーコンスロットへ移動するまでの所定数のスーパーフレームのカウントを開始する。そして、無線通信装置が、他の無線通信装置に自己のビーコンスロット位置の移動処理状態を通知する移動状態情報をビーコンに付加するとともに、他の無線通信装置から受信した移動状態情報と、当該移動状態情報を通知した無線通信装置を特定する識別子と、ビーコンスロット位置とを対応づけてビーコンピリオド占有情報として付加して自己のビーコンスロットで送信する。そして、無線通信装置は、所定のスーパーフレームの経過後に自己のビーコンを先の空きビーコンスロットへ移動して送信する。なお、無線通信装置は、ビーコンスロットの使用状態を、受信した無線通信装置のビーコンの移動状態情報と、ビーコンピリオド占有情報とを基にして決定する。
- [0011] これにより、無線通信装置は、必要に応じてビーコンピリオドの長さを変更できるため、ノード数が固定長のビーコンピリオドで発生していた通信効率の低下や、消費電力の損失といった不利益を取り除くことができる。また、無線通信装置はスーパーフレ

ームのカウントを開始するなどの移動処理状態の通知をすることで、同じビーコンピリオドで送信される他のビーコン情報の変化に対応できるようになる。また、次近接の無線通信装置の発するビーコンの情報が届くまでに1ビーコンピリオド遅れることになるが、無線通信装置はビーコンスロット位置の移動をスーパーフレーム単位で待つことにより、この遅れを吸収することができる。またさらに、無線通信装置は次近接の無線通信装置のビーコンスロットに関する情報も相互に通知することができるので、ビーコンスロットを移動したことにより、通信相手の無線通信装置が、通信可能な他の無線通信装置のビーコンと衝突することを避けることができる。

- [0012] また、本発明に係る無線通信方法は、所定数のスーパーフレームのカウントが、自己のビーコンスロットからビーコンピリオドの終了までに他の無線通信装置のビーコンが存在する期間は行わないことを特徴とする。
- [0013] これにより、カウントダウンした無線通信装置のみが、その近隣において唯一のビーコンスロットを変更した無線通信装置であるということが保証される。そのため、他の無線通信装置と同時に同じビーコンスロット位置に移動するような事態を起こさずに、ビーコンピリオドの縮退動作を行うことができる。
- [0014] また、本発明に係る無線通信方法は、所定数のスーパーフレームのカウントが2以上であることを特徴とする。
- [0015] これにより、ビーコンスロット位置の移動は、次近接の無線通信装置の発するビーコンの情報が届くまでに1ビーコンピリオド遅れることになるが、ビーコンスロット位置の移動をスーパーフレーム単位で待つことにより、この遅れを吸収することができる。
- [0016] また、本発明に係る無線通信方法は、無線通信装置が受信したビーコン及びビーコンピリオド占有情報により、無線通信装置のビーコンスロット位置の配置であるビーコンフォーメーションの変更を検出したとき、空きビーコンスロットの検出と、当該空きスロットへの自己のビーコンスロット位置の移動処理を行うものである。
- [0017] これにより、ビーコンフォーメーションが動的に変更されるような状況下にあるときに、自律分散的にこれを検知してビーコンピリオドの縮退動作を行うことができる。
- [0018] また、本発明に係る無線通信方法における移動状態情報は、所定数のスーパーフレームをカウントする移動カウンタのカウンタ値あるいはフラグである。

- [0019] これにより、フラグを使用した場合は、無線通信装置間の送受信データが最小限の1ビットに限定できるので、通信時間を短くすることが可能になる。
- [0020] また、本発明に係る無線通信方法は、無線通信装置が各無線通信装置のビーコンスロット位置及びビーコンピリオド占有情報から構成されるビーコンフォーメーションの最下位のスロットから少なくとも2スロットを、データ通信を行わないエントリースロットとして確保し、無線ネットワークへ新規加入、あるいは再加入によりビーコンの送信を開始するとき、このエントリースロットからランダムに選択したスロットを自己のビーコンスロット位置としてビーコンを送信することを特徴とするものである。
- [0021] これにより、無線通信装置が新規加入する場合や、地理的位置の移動により他の無線通信装置とビーコンスロット位置が重複してしまった無線通信装置が再加入する場合に、これらの無線通信装置を同じアルゴリズムで無線ネットワークシステムのビーコンフォーメーションに組み込むことができる。
- [0022] また、本発明に係る無線通信方法は、無線通信装置がビーコンにビーコンスロット長情報を付加するステップをさらに有し、この無線通信装置が近隣の無線通信装置から受信したビーコンスロット長情報のうち、最大のビーコンスロット長にエントリースロットの長さを加えた期間においてデータ通信を行なわず、ビーコンを受け付けることを特徴とするものである。なお、ビーコンスロット長情報とは、自己が認識しているビーコンフォーメーションの最下位スロットまでの長さを示すものである。
- [0023] これにより、近隣の無線通信装置の近隣に位置する無線通信装置が、そこで検知されるエントリースロットでビーコンを送信し始めたときにもそのビーコンを受信することができる。
- [0024] 本発明に係る無線通信装置は、ビーコンを受信し、フレームを抽出するビーコン受信部と、抽出したフレームがビーコンフレームであると判定したとき、ビーコンの受信スロット位置と、当該ビーコンの送信元の無線通信装置を特定する識別子と、送信元の無線通信装置がビーコンスロット位置を移動するか否かを示す移動状態情報とを関連づけて、ビーコンピリオド占有情報として記録部に記録するとともに、ビーコンフレームに付与されていたビーコンピリオド占有情報を記録するフレーム判定部と、記録部に記録されたすべてのビーコンピリオド占有情報を基に、ビーコンピリオド内に、

自己のビーコンスロットより前に空きビーコンスロットを検出したとき、自己のビーコンスロットを空きビーコンスロットへ移動するまでの所定数のスーパーフレームのカウンタ値を移動カウンタに設定し、当該移動カウンタからカウントダウンの通知を受けて自己のビーコンスロット位置の変更を指示するビーコンスロット位置制御部と、ビーコンスロット位置制御部から指示された、自己のスロット位置を検出し、ビーコンの送信を指示するビーコン送信指示部と、このビーコン送信指示部からの指示を受けて、受信したビーコンから生成したビーコンピリオド占有情報と、自己の移動状態情報と、自己が受信したビーコンから求めたビーコンスロットの全長を示すビーコンスロット長情報とを含むビーコンフレームを構成するフレーム構成部とを有するものである。

- [0025] これにより、他の無線通信装置と同時に同じビーコンスロット位置に移動するような事態を引き起こさず、最小限のデータの交換で自律分散的に縮退動作を行うと共に、今まで通信できなかった無線通信装置との地理的移動による近隣化により同じグループとして通信できるような無線ネットワークを構成する無線通信装置を構築することが可能となる。
- [0026] また、本発明に係る無線通信装置は、移動カウンタが自己のビーコンスロットからビーコンピリオドの終了までに他の無線通信装置のビーコンが存在する期間は所定数のスーパーフレームのカウントを行わないことを特徴とするものである。
- [0027] これにより、カウントダウンした無線通信装置のみが、その近隣において唯一のビーコンスロットを変更した無線通信装置であるということが保証される。このため、他の無線通信装置と同時に同じビーコンスロット位置に移動するような事態を起こすことなく、ビーコンピリオドの縮退動作を行うことができる。
- [0028] また、本発明に係る無線通信装置は、所定数のスーパーフレームのカウントは、2以上であることを特徴とするものである。
- [0029] これにより、次近接の無線通信装置の発するビーコンの情報が届くまでに1ビーコンピリオド遅れることになる。しかしながら、ビーコンスロット位置の移動をスーパーフレーム単位で待つことにより、この遅れを吸収することができる。
- [0030] また、本発明に係る無線通信装置は、ビーコンスロット位置制御部が、受信したビーコン及びビーコンピリオド占有情報により、無線通信装置のビーコンスロット位置の

配置であるビーコンフォーメーションの変更を検出したとき、空きビーコンスロットの検出と、当該空きビーコンスロットへの自己のビーコンスロット位置の移動処理を行うものである。

- [0031] これにより、ビーコンフォーメーションが動的に変更されるような状況下にあるときに、無線通信装置は、自律分散的にこれを検知してビーコンピリオド縮退動作を行うことができる。
- [0032] また、本発明に係る無線通信装置は、移動状態情報が所定数のスーパーフレームをカウントする移動カウンタのカウンタ値あるいはフラグである。
- [0033] これにより、無線通信装置は、フラグを使用した場合には、無線通信装置間の送受信データを最小限の1ビットに限定でき、通信時間を短くすることを可能とする。
- [0034] また、本発明に係る無線通信装置は、フレーム構成部がビーコンフォーメーションの最下位のスロットから少なくとも2スロットを、データ通信を行わないエントリースロットとして設け、ビーコンスロット位置制御部は当該無線通信装置が無線ネットワークシステムへ新規加入、あるいは再加入によりビーコンの送信を開始するとき、エントリースロットからランダムに選択したスロットを自己のビーコンスロット位置としてビーコン送信指示部へ指示することを特徴とするものである。
- [0035] これにより、他の無線通信装置とビーコンスロット位置が新規加入の無線通信装置や地理的位置の移動により重複してしまった無線通信装置が再加入する場合においても、同じアルゴリズムで無線ネットワークシステムのビーコンフォーメーションに組み込むことができる。
- [0036] また、本発明に係る無線通信装置は、フレーム判定部が近隣の無線通信装置から受信したビーコンスロット長情報のうち、最大のビーコンスロット長にエントリースロットの長さを加えた期間においてビーコンを受け付け、フレーム構成部が、その期間中にデータ通信を行なわないことを特徴とするものである。
- [0037] これにより、近隣に位置する無線通信装置の近隣にて新たに加入する無線通信装置が、そこで検知されるエントリースロットにおいてビーコンを送信し始めたときにそのビーコンを受信することができる。
- [0038] 本発明に係る無線通信方法は、移動状態情報が無線通信装置のビーコンスロット

位置の移動予定先を示す移動先スロット位置情報をさらに含み、無線通信装置は自己のビーコンスロットからビーコンピリオドの終了までにビーコンを送信する他の無線通信装置が移動先スロット位置情報で指定したビーコンスロット以外に空きビーコンスロットがあることを検出した場合、当該空きビーコンスロットのいずれかを選択し、移動先ビーコンスロット位置として他の無線通信装置へ通知するとともに、所定数のスーパーフレームのカウントを開始するものである。

- [0039] これにより、無線通信装置が、移動先ビーコンスロット毎に競合しても、1サイクルのカウントダウンにより、複数のビーコンを縮退位置に移動させることが可能になる。
- [0040] また、本発明に係る無線通信方法は、無線通信装置が空きビーコンスロットの中で最上位のビーコンスロットを選択した際に、自分が最下位スロットでないならば、最下位のスロットになるまで、順次、次のスーパーフレームで、次に最高位となる空きスロットを選択するものである。
- [0041] これにより、無線通信装置は最上位の空きスロットから順に、また、並行してビーコンスロットを移動することが可能になる。
- [0042] また、本発明に係る無線通信方法は、無線通信装置が空きビーコンスロットの中で任意のビーコンスロットを選択するものである。
- [0043] これにより、ビーコン同士が互いの移動先を確認して順次選択していくのとは異なり、一時に複数の縮退動作を開始することが可能になる。
- [0044] また、本発明に係る無線通信方法は、無線通信装置が、所定数のスーパーフレームをカウント中に、自己のカウンタ値が最大値である場合には、最大値のカウンタ値を有する他の無線通信装置を移動状態情報から検知する、あるいは、最大値のカウンタ値を有する他の無線通信装置をビーコンピリオド占有情報から検知するものである。また、無線通信装置は、自己のカウンタ値が最大値-1である場合には、他の無線通信装置を移動状態情報から検知する。さらに、無線通信装置は、自己のカウンタ値が最大値でも最大値-1でもない場合には、同一のカウンタ値を有する他の無線通信装置を移動状態情報から検知する、あるいは、自己のカウンタ値+1の値を有する他の無線通信装置をビーコンピリオド占有情報から検知する。なお、無線通信装置は、いずれかの条件に適合する無線通信装置を検知したとき、当該無線通信装

置の内、最下位のスロット位置にある無線通信装置がカウントを継続し、該当しない他の無線通信装置は所定のカウンタ値にリセットする。

- [0045] これにより、無線通信装置は空きスロットを常に適切に選択して効率よくビーコンピリオドを縮退し、なおかつ、1カウントダウンサイクルにおいて複数のビーコンをパイプライン的に縮退することができる。
- [0046] また、本発明に係る無線通信方法は、カウント中に最大値もしくは0以外の自己のカウンタ値と同一のカウンタ値を有するビーコンピリオド占有情報を受信したとき、カウントを中止し、自己のカウンタ値を最大値にリセットするものである。
- [0047] これにより、次近接の無線通信装置が、自身の無線通信装置と1スーパーフレームの違いでパイプライン的に並列に移動しようとしたときに、偶然同じビーコンスロット位置に入ることを未然に防ぐことが可能になる。
- [0048] また、本発明に係る無線通信方法は、自己のビーコンスロットの移動先の空きビーコンスロットが最上位の空きビーコンスロットであることを特徴とする。
- [0049] これにより、無線通信装置は、より高速に一連の縮退動作を行うことができる。
- [0050] 本発明に係る無線通信装置は、移動状態情報が無線通信装置のビーコンスロット位置の移動予定先を示す移動先スロット位置情報をさらに含む。そして、ビーコンスロット位置制御部が、自己のビーコンスロットからビーコンピリオドの終了までにビーコンを送信する他の無線通信装置の移動先スロット位置情報によって指定されたビーコンスロット以外に空きビーコンスロットがある場合、当該空きビーコンスロットを移動先ビーコンスロット位置として自己の移動状態情報を記録部に記録し、所定のカウントを移動カウンタに設定する。そして、フレーム構成部は、記録部に記録された自己の移動状態情報を含むビーコンフレームを構成する。
- [0051] これにより、無線通信装置は、自己の移動先スロットを他の無線通信装置に通知したり、他の無線通信装置が移動を予定している移動先スロットを検知できるので、自己よりも下位に移動を予定する無線通信装置があっても、それを避けて他の空きスロットへ並行してビーコンスロット位置の移動処理を行うことができる。
- [0052] また、本発明に係る無線通信装置は、ビーコンスロット位置制御部が自己のビーコンスロットからビーコンピリオドの終了までにビーコンを送信する他の無線通信装置の

移動を予定するビーコンスロット以外の空きスロットの中で、最上位のビーコンスロットを移動先ビーコンスロットに指定するものである。

[0053] これにより、無線通信装置は、最上位の空きスロットから順に、また、並行してビーコンスロットを移動することが可能になる。

[0054] 以上のように本発明によれば、無線ネットワークシステムの無線通信装置の自律分散的なアルゴリズムにより、ビーコンピリオドの動的な可変長化を、ビーコンの衝突を最低限にして実施できる。これにより、無線ネットワークシステムに加入する無線通信装置の数が動的に変動しても、通信効率の良い、消費電力の無駄も少ない無線通信が可能になる。

図面の簡単な説明

[0055] [図1]図1は、本発明の実施の形態1に係る無線ネットワークシステムの構成をなす無線通信装置の配置図である。

[図2]図2は、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置の構成を示すブロック図である。

[図3]図3は、本発明の実施の形態1に係るビーコンフレームの構成を示す図である。

[図4]図4は、本発明の実施の形態1に係るビーコンスロット状態テーブルのフォーマットを示す図である。

[図5]図5は、本発明の実施の形態1に係るビーコンピリオド縮退動作を示すフロー図である。

[図6]図6は、本発明の実施の形態1に係るビーコンスロット位置決定処理を示すフロー図である。

[図7A]図7Aは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置が加入したときのスロット状態を示す図である。

[図7B]図7Bは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置が加入したときのスロット状態を示す図である。

[図7C]図7Cは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置が加入したときのスロット状態を示す図である。

[図8A]図8Aは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置が加入後、スロット位置

を移動したときのスロット状態を示す図である。

[図8B]図8Bは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置が加入後、スロット位置を移動したときのスロット状態を示す図である。

[図9A]図9Aは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置が近隣でなくなったときのスロット状態を示す図である。

[図9B]図9Bは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置が近隣でなくなったときのスロット状態を示す図である。

[図9C]図9Cは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置が近隣でなくなったときのスロット状態を示す図である。

[図10A]図10Aは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置が近隣でなくなった後に、ビーコンピリオドの縮退動作が完了するときのスロット状態を示す図である。

[図10B]図10Bは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置が近隣でなくなった後に、ビーコンピリオドの縮退動作が完了するときのスロット状態を示す図である。

[図10C]図10Cは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置が近隣でなくなった後に、ビーコンピリオドの縮退動作が完了するときのスロット状態を示す図である。

[図11]図11は、本発明の実施の形態1に係る移動する無線通信装置相互間の配置図である。

[図12A]図12Aは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置のスロット使用状態を示す図である。

[図12B]図12Bは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置のスロット使用状態を示す図である。

[図13A]図13Aは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置のスロット使用状態を示す図である。

[図13B]図13Bは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置のスロット使用状態を示す図である。

[図14A]図14Aは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置のスロット使用状態を示す図である。

[図14B]図14Bは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置のスロット使用状態を

示す図である。

[図15A]図15Aは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置のスロット使用状態を示す図である。

[図15B]図15Bは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置のスロット使用状態を示す図である。

[図16]図16は、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置の配置図である。

[図17A]図17Aは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置のスロットの使用状態を示す図である。

[図17B]図17Bは、本発明の実施の形態1に係る無線通信装置のスロットの使用状態を示す図である。

[図18]図18は、本発明の実施の形態2に係るビーコンスロット位置決定処理を示すフロー図である。

[図19]図19は、本発明の実施の形態2に係る無線通信装置の配置図である。

[図20A]図20Aは、本発明の実施の形態2に係る無線通信装置の縮退動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図20B]図20Bは、本発明の実施の形態2に係る無線通信装置の縮退動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図20C]図20Cは、本発明の実施の形態2に係る無線通信装置の縮退動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図21A]図21Aは、本発明の実施の形態2に係る無線通信装置の縮退動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図21B]図21Bは、本発明の実施の形態2に係る無線通信装置の縮退動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図22A]図22Aは、本発明の実施の形態2に係る無線通信装置の縮退動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図22B]図22Bは、本発明の実施の形態2に係る無線通信装置の縮退動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図23]図23は、本発明の実施の形態3に係るビーコンスロット位置決定処理を示すフ

ロー図である。

[図24A]図24Aは、本発明の実施の形態3に係る無線通信装置の縮退動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図24B]図24Bは、本発明の実施の形態3に係る無線通信装置の縮退動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図24C]図24Cは、本発明の実施の形態3に係る無線通信装置の縮退動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図24D]図24Dは、本発明の実施の形態3に係る無線通信装置の縮退動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図24E]図24Eは、本発明の実施の形態3に係る無線通信装置の縮退動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図25]図25は、本実施の形態4における無線通信システムの構成を示す図である。

[図26A]図26Aは、本実施の形態4におけるスーパーフレームのタイムチャートである。

。

[図26B]図26Bは、本実施の形態4におけるスーパーフレームのタイムチャートである。

。

[図27]図27は、本発明の実施の形態3に係るビーコンスロット状態テーブルのフォーマットを示す図である。

[図28]図28は、本発明の実施の形態3に係るビーコンフレームの構成を示す図である。

[図29]図29は、本発明の実施の形態4に係る無線通信装置の配置図である。

[図30]図30は、本発明の実施の形態4に係るビーコンフレームの構成を示す図である。

[図31]図31は、本発明の実施の形態4に係る無線通信装置のビーコンピリオドの結合動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図32]図32は、本発明の実施の形態4に係る無線通信装置のビーコンピリオドの結合動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図33]図33は、本発明の実施の形態4に係る無線通信装置のビーコンピリオドの結

合動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図34]図34は、本発明の実施の形態4に係る無線通信装置のビーコンピリオドの結合動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図35]図35は、本発明の実施の形態4に係る無線通信装置のビーコンピリオドの結合動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図36]図36は、本発明の実施の形態4に係る無線通信装置のビーコンピリオドの結合動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図37]図37は、本発明の実施の形態4に係る無線通信装置のビーコンピリオドの結合動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図38]図38は、本発明の実施の形態4に係る無線通信装置のビーコンピリオドの結合動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図39]図39は、本発明の実施の形態4に係る無線通信装置のビーコンピリオドの結合動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図40]図40は、本発明の実施の形態4に係る無線通信装置のビーコンピリオドの結合動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図41]図41は、本発明の実施の形態4に係る無線通信装置のビーコンピリオドの結合動作におけるスロット使用状態を示す図である。

[図42]図42は、従来の無線通信方法を示す図である。

符号の説明

- [0056] 101乃至107, 1101乃至1105, 1601乃至1604, 1901乃至1905, 2901乃至
2908 無線通信装置
- 111乃至116, 1111乃至1115, 1611乃至1614, 1911乃至1915, 2911乃至
2918 通信エリア
- 200 アンテナ
- 201 無線L1処理部
- 202 フレーム判定部
- 203 記録部
- 204 上位層処理部

205 ビーコンスロット位置制御部

206 移動カウンタ

207 フレーム構成部

208 ビーコン送信指示部

2501乃至2503 移動ネットワーク

発明を実施するための最良の形態

[0057] (実施の形態1)

図1は本発明を実施する無線ネットワークシステムの構成をなす無線通信装置の配置を示した図である。

[0058] 図1において、無線通信装置A(101)乃至無線通信装置F(106)は、それぞれ通信エリア111乃至116の範囲で相互に送受信可能である。すなわち、無線通信装置A(101)は無線通信装置B(102)、C(103)、D(104)と、無線通信装置B(102)は無線通信装置A(101)、D(104)と、無線通信装置C(103)はA(101)、D(104)、E(105)と、無線通信装置D(104)は無線通信装置A(101)、B(102)、C(103)、F(106)と、無線通信装置E(105)は無線通信装置C(103)とそれぞれ通信することができる。なお、無線通信装置G(107)は、最初はこの無線ネットワークに加入していないものとする。

[0059] 図2はこれら無線通信装置の構成を示すブロック図である。

[0060] 図2において、無線L1処理部201はアンテナ200から受信したアナログ信号をデジタル信号に変換し、フレームを生成したり、フレームをアナログ信号に変換し、アンテナ200から送出するものである。このアンテナ200は、無指向性アンテナであり、電波を放出する。この無線L1処理部201が本発明に係るビーコン受信部に該当する。

[0061] フレーム判定部202は、無線L1処理部201の受信したフレームがビーコンフレームであるか、あるいはデータフレームであるかを判別するものである。

[0062] 図3はこのビーコンピリオドにおけるビーコンフレームの構成を示す図である。

[0063] 図3において、ビーコン送信者情報301は、このビーコンを送信する無線通信装置自身のデバイスIDをデバイスID303に、後述する移動カウンタ206のカウンタ値をカウンタ304に、そしてこのビーコンを送信する無線通信装置が把握しているビーコン

スロット長をビーコンスロット長305に記載している。また、ビーコンピリオド占有情報302は、この無線通信装置が直前のスーパーフレームで受信したビーコンフレーム中のビーコン送信者情報301に記載されていたデバイスIDとカウンタ値をそれぞれビーコン毎にデバイスID306とカウンタ307に記載し、その受信したビーコンのスロット位置をビーコンスロット位置308に記載している。

- [0064] 記録部203は、ビーコン送信者情報301およびビーコンピリオド占有情報302に含まれる各ビーコンスロットの占有状態を記録するものである。
- [0065] 図4は記録部203に記録されるビーコンスロット状態テーブルのフォーマットを示す。
- [0066] 図4において、ビーコンのスロット毎にスロット番号401と、そのスロットを使用している無線通信装置のデバイスID402と、スロットの使用状態403と、その種別404が記録されている。この使用状態403は、そのスロット位置の無線通信装置がスロット位置の変更を予定しているか否かを示すものであり、カウンタ304、307の値が設定される。また、種別404は、該当するスロットでビーコンを受信した(図中、「Beacon」で示す。)のか、ビーコンピリオド占有情報によって占有されていることを通知された(図中、「BPOIE」で示す。)のかを示している。
- [0067] また、上位層処理部204は、ネットワーク層以上のプロトコル処理を行うものである。
- [0068] ビーコンスロット位置制御部205は、記録部203に記録されたビーコンスロット状態テーブルを参照し、ビーコンピリオドの前方に空きスロットが有れば自己のスロット位置を移動するための処理を行うものである。
- [0069] 移動カウンタ206は、自己のビーコンスロット位置を移動開始するまでのスーパーフレームをカウントするものであり、通常2以上の値が設定される。
- [0070] フレーム構成部207は、記録部203から必要な情報を読み出し、ビーコンピリオド占有情報302を生成する。さらに、フレーム構成部207は、ビーコン位置制御部205からの情報を基にビーコン送信者情報301を生成して、管理情報を含むビーコンフレームを構成する。また、フレーム構成部207は、上位層処理部204からのデータを受けてデータフレームを構成する。
- [0071] ビーコン送信指示部208は、オフセット時間をカウントするタイマー機能を有して、

ビーコンピリオドにおける自己のスロット位置を検出する。そして、ビーコン送信指示部208は、フレーム構成部207に対して、無線L1処理部201へ構成したフレームを送出するタイミングを指示する。

- [0072] 以上のように構成された無線通信装置がビーコンスロットを移動する動作、作用を説明する。
- [0073] 図5は本実施の形態に係る無線通信装置が行うビーコンピリオドの縮退動作を示すフロー図である。
- [0074] まず、フレーム判定部202が他の無線通信装置から受信したフレームがビーコンフレームであるかを判定する(ステップS501)。
- [0075] フレーム判定部202は、ビーコンフレームと判定した場合、記録部203に記録されたビーコンスロット状態テーブル中の、受信したビーコンのスロット位置に該当するスロット番号におけるデバイスID402と使用状態403に、受信したビーコン送信者情報301のデバイスID303とカウンタ304の値とを記録する。また、種別404には、ビーコン受信(Beacon)を設定する(ステップS502)。
- [0076] また、フレーム判定部202は、受信したビーコンフレーム中のビーコンピリオド占有情報302に記載されたビーコンスロット位置308に該当するスロット番号におけるデバイスID402と使用状態403に、デバイスID306とカウンタ307の値とを記録する。また、種別404にはビーコンピリオド占有情報(BPOIE)を設定する。なお、このビーコンピリオド占有情報302に基づくビーコンスロット状態テーブルへの記録は、このビーコンフレーム中の全てのビーコンピリオド占有情報302について行う。
- [0077] 次に、ビーコン送信指示部208は、自己のビーコンを送信するスロット位置であるか否かを判定し(ステップS503)、送信タイミングである場合フレーム構成部207へビーコンフレームの送信を指示する(ステップS504)。
- [0078] 一方、送信タイミングでない場合は、ビーコン送信指示部208は、ビーコンピリオドが経過したか否かを判定し(ステップS505)、経過していなければステップS501へ戻る。このように、ステップS501からステップS505までの処理をビーコンピリオドの終了まで繰り返すことにより、ビーコンピリオド中に受信した全てのビーコンフレームについてのスロット状態が記録部203に記録される。

- [0079] なお、このビーコンピリオドは、受信した全てのビーコン送信者情報301のビーコンスロット長305の中で最大のものに、さらに3スロットのエントリースロットを附加した長さとする。このエントリースロットとは、新たにネットワークに加入、および再加入した無線通信装置がビーコンを送信するスロットであり、3スロットの内の任意のスロットが選択される。これにより、新加入の無線通信装置が複数同時に存在したときの最初のビーコンが衝突する確率を低く抑えることができる。
- [0080] また、本発明に係る無線通信装置は、ビーコンピリオド占有情報302により、次近接の無線通信装置のスロット状態も知ることができる。
- [0081] 次に、ステップS505において、ビーコンピリオドの終了時間となったとき、ビーコンスロット位置制御部205がビーコンスロット位置決定処理(ステップS506)を行う。
- [0082] 次に、フレーム判定部202は、スーパーフレームが終了するまで待機し、この周期が終了した時点でステップS501へ戻る(ステップS507)。
- [0083] ここで、上記のビーコンスロット位置決定処理について以下に説明する。
- [0084] 図6は無線通信装置のビーコンスロット位置決定処理を示すフロー図である。
- [0085] まず、ビーコンスロット位置制御部205は、記録部203に記録されたビーコンスロット状態テーブルを基に、前回のビーコンスロットの構成(以下、「ビーコンフォームーション」という。)に変化があるかないかを確認する(ステップS601)。ビーコンフォームーションに変化があった場合、ビーコンスロット位置制御部205は、上位スロット(より先頭に近いスロット)に空きがあるかないかを確認する(ステップS602)。空きがある場合、ビーコンスロット位置制御部205は、移動カウンタ206にカウント値の最大値を示すフル(以下、「Full」と記載し、本実施の形態では最大値を'3'とする。)にリセットする(ステップS603)。また、空きがない場合、ビーコンスロット位置制御部205は移動カウンタ206を'0'にする(ステップS604)。
- [0086] 一方、ステップS601において、前回のビーコンフォームーションに変化がない場合、ビーコンスロット位置制御部205は、移動カウンタ206のカウントダウンを開始する。そして、移動カウンタ206が'0'となっているか否かを判定し、「0」であるときは既に上位スロットに空きが無い状態であるので、処理を終了する(ステップS605)。
- [0087] 一方、移動カウンタ206が'1'以上の場合、ビーコンスロット位置制御部205は、ビ

一コンスロット状態テーブルから自分のビーコンスロット位置より下位のスロットの使用状態403をチェックする(ステップS606)。

- [0088] そして、使用状態403が一つでも‘0’で無い場合、ビーコンスロット位置制御部205は、自己より優先的にビーコンスロット位置変更のためのカウントダウンを始めているものがあると判定し、移動カウンタ206にFull(本実施の形態では‘3’とする。)をセットし、保持する(ステップS607)。このように、より下位のビーコンスロット位置にある無線通信装置がビーコンスロット位置の移動の優先権を持つことにより、空きスロットへの移動処理が繰り返される無駄を省くことができる。なお、ステップS607では、Fullにリセットされているが、0にリセットする方法も可能である。この場合、地理的に離れた箇所のビーコンピリオドの縮退を同時に実行できるという利点を有するが、縮退のためにスーパーフレーム周期回数を1つだけ多く待つことになり縮退時間が増える可能性もある。
- [0089] 一方、下位スロットがすべて0である場合、自己が最優先のビーコンスロット位置移動の権利を持つことになるので、ビーコンスロット位置制御部205は移動カウンタ206をカウントダウンする(ステップS608)。そして、ビーコンスロット位置制御部205は、カウンタ値が0となった時点で(ステップS609)、自己が空きと見なす最上位のビーコンスロットへ移動するために、ビーコン送信指示部208のタイマー機能にビーコン送信タイミングを設定する(ステップS610)。
- [0090] 以上のように、ビーコンスロット位置制御部205が自己よりも上位に空きスロットがある場合であって、下位に移動予定の他の無線通信装置がないときは、ビーコンスロット位置を上位のスロットへ移動するため、ビーコンピリオドを短縮する(「縮退動作」という。)ことができる。これにより、ビーコンピリオドは、無線ネットワークシステムに加入する無線通信装置の数に応じて、無駄のない長さに調整されることになる。
- [0091] また、この下位スロットから上位スロットへのスロット位置の変更は、ビーコンスロット位置制御部205が変更を決定してから、スーパーフレーム3周期後に行っている。これにより、ビーコンスロット位置制御部205は、1ホップ離れた位置にある無線通信装置のビーコンスロット位置をビーコンピリオド占有情報から把握できる。したがって、ビーコンスロット位置制御部205は、そのスロット位置を避けながら上位の空きスロットへ

自己のビーコンスロット位置を移動するので、1ホップ離れた位置の無線通信装置とのスロット位置の衝突を回避することが可能になる。

[0092] なお、本実施の形態では、移動カウンタのリセット値を3としたが、これに限らず、2以上であれば同様の効果が得られる。しかし、1ホップ内になかった無線通信装置がビーコンの検出中に1ホップ内に移動してしまうこともあり得ることを考慮すると、3以上とすることが好ましい。

[0093] さらにまた、ステップS506で説明したようなビーコンスロット位置決定処理を行うことにより、図16のような位置関係にある無線通信装置においても新規加入の無線通信装置の検出が可能になる。

[0094] 図16において、無線通信装置A(1601)は通信エリア1611内の無線通信装置B(1602)と相互に通信可能であり、無線通信装置B(1602)は通信エリア1612内の無線通信装置A(1601)および無線通信装置C(1603)と相互に通信可能であり、無線通信装置C(1603)は通信エリア1613内の無線通信装置B(1602)および無線通信装置D乃至M(1604)と相互に通信可能である。なお、無線通信装置A乃至Mは、第1スロット乃至第12スロットでそれぞれビーコンを送信している。また、図17A、Bは無線通信装置毎のスロットの使用状態を示す図である。

[0095] 図17Aにおいて、スロット1701は無線通信装置Aがこのスロット位置で自らビーコンを送信していることを示し、スロット1702は無線通信装置Aがこのスロット位置で無線通信装置Bから発信されたビーコンを受信していることを示し、スロット1703は無線通信装置Aがこのスロット位置で無線通信装置Cからビーコンが発信されたことをビーコンピリオド占有情報から通知されたことを示している。また、スロット1704は空きスロットを示し、スロット1704はエクストラスロットであることを示している。なお、これらの表記方法は、図7乃至図10、図12乃至図15、図20乃至図22、図31乃至図41においても同様である。なお、エクストラスロットとは、近隣の無線通信装置のビーコンスロット長情報305のうち最大のものに、エントリースロットの長さを足しあわせた時間領域をデータの送受信も行わない保護領域として確保するために、自己のビーコンスロット長に付加するスロットのこという。

[0096] 無線通信装置A(1601)は、無線通信装置B(1602)からのビーコン送信者情報3

01とビーコンピリオド占有情報302とから、無線通信装置Bと無線通信装置Cのビーコンにより、第2スロットおよび第3スロットが使用されていることを知る。また、無線通信装置Bも、無線通信装置AとCのビーコン送信者情報301とビーコンピリオド情報302とから、第1スロットおよび、第3スロット乃至第12スロットが使用されていることを知ることができる。

- [0097] このとき、無線通信装置Aは、ビーコンピリオドを無線通信装置Bからのビーコンスロット長305に基づいてエクストラスロットを9スロット追加している。このため、無線通信装置Aは、エントリースロット分の3スロットを加えて、第15スロットまでビーコン受信待ち状態にある。このため、無線通信装置X(1605)が無線通信装置AとCの通信エリア1611、1612内の図16に示す地点で、新たに加入するためのビーコンを第14スロットで送信したとき、図17Bに示すように無線通信装置Aはこのビーコンを受信することができる。もし、無線通信装置Aが無線通信装置Bからのビーコンスロット長305をビーコンピリオドの決定に用いず、エクストラスロットを追加しなかった場合は、第6スロットまでをビーコンピリオドと認識し、それ以降のビーコンを受信しない。このため、無線通信装置Aは、新規加入の無線通信装置Xを検出することができなくなってしまう。
- [0098] このように、本発明に係る無線通信装置は、ビーコン送信者情報のビーコンスロット長を用いてビーコンピリオドを決定することにより、新規加入する無線通信装置のビーコンを検出することが可能になる。
- [0099] 次に、図1に示した位置関係に無線通信装置A(101)乃至F(106)がある場合において、新たに無線通信装置G(107)が加入したときの動作を図7A、B、C乃至図10A、B、Cを用いて説明する。
- [0100] 図7Aは無線通信装置G(107)が加入する前の各無線通信装置A(101)乃至F(106)における、ビーコンスロットの使用状態を示している。
- [0101] 図7Aにおいて、無線通信装置Aは第1ビーコンスロットでビーコンAsを送信し、無線通信装置Bは第2ビーコンスロットでビーコンBsを送信し、無線通信装置Cは第3ビーコンスロットでビーコンCsを送信し、無線通信装置Dは第4ビーコンスロットでビーコンDsを送信し、無線通信装置Eは第2ビーコンスロットでビーコンEsを送信し、無線

通信装置Fは第5ビーコンスロットでビーコンFsを送信している。

- [0102] また、例えば、無線通信装置Aは、第2～第4スロットにて、自己の通信エリア内の無線通信装置B～Dのビーコンを受信(Br～Dr)していることを示している。さらに、無線通信装置Aは、無線通信装置Cからのビーコンによって、第2スロットで次近接の無線通信装置Eのビーコンが送信されていることをビーコンピリオド占有情報Ebにて知っており、無線通信装置Dからのビーコンによって、第5スロットで次近接の無線通信装置Fのビーコンが送信されていることをビーコンピリオド占有情報Fbによって知っていることを示している。
- [0103] また、無線通信装置Aは、第6乃至第8スロットをエントリースロットとして確保し、新たな無線通信装置がビーコンを送信してても受信できるようにしている。また、エクストラスロットが無線通信装置Eに設けられている。無線通信装置Eは、ビーコンスロット長情報の最大は無線通信装置Cから通知された‘7’であったのでエクストラスロットを1つ設けている。
- [0104] ここで、ビーコンピリオド占有情報について説明を加える。自律分散でビーコンピリオドを共有してビーコンを送信する無線ネットワークシステムにおいては、同じビーコンスロットで2台以上の無線通信装置が通信することのないようにビーコンスロットを割り振らなくてはならない。しかし、このことは同じビーコンスロットを共有しているもの同士の場合、どちらの無線通信装置のビーコンスロットであるべきかを判定できない。したがって、そのビーコンスロットがどちらに優先権があるかを第三者に判定してもらう必要がある。すなわち、近隣の無線通信装置から自己のビーコンスロット位置に、自己のデバイスIDを含んでいないビーコンピリオド占有情報を受信した場合、そのビーコンスロットは問題が発生しているものとして、別のビーコンスロットに位置換えをする必要がある。このため、無線通信装置は、ビーコン受信時にビーコン送信者情報とともにそのビーコンスロット位置を記憶しておき、自己のビーコン送信時にビーコンピリオド占有情報として常に送信している。これにより、各無線通信装置は、ビーコン受信できる無線通信装置の次近接の無線通信装置の情報を得ることができる。
- [0105] 次に、図7Bは無線通信装置Gが新たに加入した状況を示している。
- [0106] 図7Bにおいて、無線通信装置Gは通信エリア内の無線通信装置A、B、およびD

から受信したビーコンから無線通信装置G(717)に示すスロット状態を知る。そして、無線通信装置Gは、新規加入するために、エントリースロットから任意の1つを選んでビーコンを送信する。この例ではエントリースロットを3つにしているがこれに特定されるものではなく、可変長でも可能である。可変長の場合はビーコン送信者情報301のビーコンピリオド長305にエントリースロット長を含めて送信すると良い。なお、本実施の形態では無線通信装置Gは、第8スロットにエントリーする。このとき、無線通信装置A、B、D、Gは、ビーコンフォーメーションが変わったと判断するので、上位スロットの検索を行う。しかし、無線通信装置G以外の無線通信装置は、上位スロットに空きスロットを検出できない。このため、無線通信装置Gのみがカウンタ304を‘3’としたビーコンを送信する。無線通信装置A、B、Dは、このビーコンを受信し、無線通信装置Gのカウンタ304が‘3’であることを検出する。

- [0107] 図7Cは次回のビーコンピリオドの使用状態を示した図である。
- [0108] 図7Cにおいて、無線通信装置CとFは、無線通信装置Gのビーコンピリオド占有情報302がそれぞれ無線通信装置AとDによって伝えられる。このときのカウンタ307は無線通信装置AとDとが前の周期で受信したカウンタ値であるため、‘3’となる。
- [0109] 一方、無線通信装置Gは、スロット位置の移動処理を行い、カウンタ値‘2’をカウンタ304にセットしてビーコンを送信する。無線通信装置A、B、Dは、無線通信装置Gからビーコン送信者情報301のカウンタ304が‘2’のビーコンを受信する。
- [0110] また、無線通信装置Eは、無線通信装置Cから受信したビーコンピリオド占有情報302に、無線通信装置Cが直接受信したビーコン送信者情報301の内容を記載するが、ビーコンピリオド占有情報302として受信した情報を含めることはしない。このため、無線通信装置Eは、無線通信装置Gの存在を知ることはない。しかし、無線通信装置Eは、無線通信装置Cから受信したビーコン送信者情報301のビーコンスロット長305が‘8’であるため、エクストラスロットを‘4’とする。
- [0111] 図8Aは無線通信装置Gの移動カウンタ206が‘0’となったときのビーコンピリオドの使用状態を示した図である。
- [0112] 図8Aにおいて、無線通信装置Gのビーコンピリオドは第6ビーコンスロットへ移動する。

- [0113] そして、その次のスーパーフレームで図8Bに示しているように無線通信装置A、B、D、Gのエントリースロットが第7～第9スロットになっている。
- [0114] 次に、無線通信装置Gが加入した後に、無線通信装置Bが脱退したときのビーコン通信の動作を説明する。なお、無線通信装置が近隣でなくなったことの検知は、一定回数連続してビーコンを受信できなくなったときに行うものとする。
- [0115] まず、無線通信装置Bが近隣でなくなったとき、無線通信装置A、D、Gは、図9Aに示すように無線通信装置Bからのビーコンを受信しなくなるので、一斉にビーコンフォーメーションが変化したと認識する。さらに、無線通信装置C、Fは図9Bに示すように、次のスーパーフレームで、無線通信装置Bの消滅を知る。無線通信装置F、Gは、無線通信装置Eによって第2ビーコンスロットが埋められていないので、上位スロットに空きがあると判定する。このため、無線通信装置F、Gのそれぞれの移動カウンタ206には‘3’がセットされる。しかし、スロットを移動する権利を有するのは、最下位スロットでビーコンを送信する無線通信装置Gのみであるので、無線通信装置Gのカウンタのみカウントダウンされる(図9C)。
- [0116] カウントダウンの後、図10Aに示すように無線通信装置Gが第2スロットに移動する。これにより、無線通信装置A、Dは再度ビーコンフォーメーションの変化をすぐに検知し、ビーコンピリオドを第8スロットまでに更新する。また、無線通信装置C、Fも図10Bに示すように次のスーパーフレームで無線通信装置Gのスロット移動を検知し、ビーコンピリオドを第8スロットまでに更新する。これにより、無線通信装置Fは移動カウンタを‘0’に戻す。
- [0117] そして、次のスーパーフレームで図10Cに示すように、無線通信装置Eは無線通信装置Cからのビーコンスロット長305を受けて、ビーコンピリオドを第8スロットまでに更新する。
- [0118] 以上のように、本実施の形態の無線通信ネットワークにおいて、無線通信装置が新規加入、あるいは消滅したときにビーコンピリオドの縮退動作が適切に行われるので、各無線通信装置は通信効率の良い、消費電力の無駄も少ない無線通信を実現することができる。
- [0119] なお、二つ以上の無線通信装置が同時に同じエントリースロットを選択する場合が

あるが、この場合、衝突した無線通信装置は再度無線ネットワークシステムに加入を試みることになる。この際には、衝突した各無線通信装置はバックオフ(Back Off)アルゴリズムにより再エントリーするスーパーフレーム回数を例えばランダム化して、再衝突の確率を低減するものとする。

- [0120] 次に、ビーコングループ内に移動する無線通信装置が存在している場合、どのように他の無線通信装置と相互通信するかを説明する。
- [0121] 図11は移動する無線通信装置相互間の配置図である。
- [0122] この配置図において、無線通信装置B～G(1102)は互いに通信可能である。さらに、無線通信装置B～G(1102)は、通信エリア1112内に有る無線通信装置H(1103)とも通信可能である。無線通信装置H(1103)は、さらに通信エリア1113内にある無線通信装置I(1104)とも通信可能であり、無線通信装置I(1104)は通信エリア1114内にある、互いに通信可能な無線通信装置J～L(1105)とも通信可能である。このように無線通信装置B～Lは、一つのビーコングループを形成しているが、その傍らを適当な速度で無線通信装置A(1101)が移動したときのビーコンの送信方法について図12A、B乃至図15A、Bを用いて以下に説明する。
- [0123] まず、無線通信装置A(1101)は、無線通信装置B乃至G(1102)の通信エリア内の地点1121に移動すると、周囲のビーコンをスキャンして、ビーコンピリオドのエントリースロットのひとつに自分のビーコンを送信する。
- [0124] 図12Aはこのときの各無線通信装置のスロット使用状態を示す図である。
- [0125] 図12Aにおいて、無線通信装置A(1101)は、そのエントリースロットのひとつ(第10スロット)で自分のビーコンを送信していることを示している。また、無線通信装置B乃至Iは、それぞれ第1スロット乃至第8スロットでビーコンを送信し、無線通信装置J乃至Lはそれぞれ第1スロット乃至第3スロットで送信していることを示している。
- [0126] 次に、無線通信装置A(1101)は、エントリースロットの第3スロットでビーコンを送信したため、移動カウンタ206をカウントして縮退動作に移る。その結果、図12Bに示すように、無線通信装置Aのビーコンスロットは第8スロットに移動し、ビーコンピリオドの短縮が行われる。このとき、無線通信装置Hは、無線通信装置B乃至G(1102)からのビーコンピリオド占有情報により第8スロットに無線通信装置Aのビーコンの存在を

- 知るが、通信エリア外であるため、無線通信装置Iとの通信の障害にはなっていない。
- [0127] 次に、無線通信装置Aが無線通信装置Hの通信エリア内の地点1122へ移動すると、図13Aに示すように無線通信装置Hでは無線通信装置Aと無線通信装置Iから同時に第8スロット(1301)でビーコンが送信される状況となる。
- [0128] 無線通信装置Hは、無線通信装置Aとの通信エリアの境界にいるため、無線通信装置Iのビーコンの方が受信しやすい。このため、無線通信装置Hは、ビーコンピリオド占有情報302で第8スロットを無線通信装置Iが使用していることを通知する。これを受信した無線通信装置Aは、新たなビーコンスロットを得るためにエントリースロットを選択する。その結果、図13Bに示すように、無線通信装置Aはエントリースロットの一つである第9スロット(1302)を獲得して、そこでビーコンを送信する。
- [0129] 更に、無線通信装置Aが無線通信装置B～Gの通信エリア外の地点1123へ移動すると、図14Aに示すように無線通信装置B～G(1102)は第9スロット(1401、1402)において無線通信装置Aと直接送受信不能となる。
- [0130] 更に、無線通信装置Aが無線通信装置I(1104)の通信エリア内の地点1124へ移動すると、図14Bに示すように、無線通信装置Aは無線通信装置I(1104)を介して無線通信装置J～L(1105)とビーコンピリオド占有情報を送受信するようになる。これにより、無線通信装置J～L(1105)の第9スロット(1403)は無線通信装置Aが使用していると記録される。また、無線通信装置Aの第1スロット乃至第3スロットは無線通信装置J～L(1105)が使用していると記録される。
- [0131] 更に、無線通信装置Aが無線通信装置H(1103)の通信エリア外の地点1125へ移動すると、図15Aに示すように無線通信装置Hから無線通信装置B～G(1102)のビーコンピリオド占有情報を受信できなくなる。このため、無線通信装置Aは、上位スロット1501に空き領域ができたと判断し、移動カウンタのカウントダウンをはじめ、スーパーフレーム3周期経過後に図15Bのようにビーコンを第4スロット1501に移動する。
- [0132] このように、ある無線通信装置が他の無線通信装置間を移動したときにおいても、適時ビーコンピリオドの縮退動作が行われるので、このような状態においても通信効

率の良い、消費電力の無駄も少ない無線通信を実現することができる。

- [0133] なお、本実施の形態では、ビーコンフレームのビーコン送信者情報301とビーコンピリオド占有情報302はそれぞれカウンタを有し、そのカウンタ値がビーコンの送信位置を変更する段階にあるか否かを示していた。しかし、ビーコン位置の変更状態を示す方法としてはこのカウンタに限らず、フラグを使用することも可能である。すなわち、無線通信装置は、現在ビーコンスロット位置を変更する要求を持っているときにフラグをセットし、スロット位置の変更をする必要がないと判断しているときや、自己の移動カウンタがカウントダウンしてビーコンスロット位置を変更したときにフラグをリセットする。そして、図6に示したビーコンスロット位置決定処理におけるカウンタ値が0か否かの判定は、このフラグがセットされているかいないかを判定することにより実現できる。これにより、カウンタよりも少ないデータ量でビーコンスロット位置の決定処理に必要なビーコンフレームを形成することが可能になる。

[0134] (実施の形態2)

図18は本発明の第2の実施の形態における無線通信装置のビーコンスロット位置決定処理を示すフロー図である。なお、本実施の形態における無線通信装置の構成は実施の形態1と同一であり、ビーコンスロット位置制御部205の位置決定処理が異なる。

- [0135] 本実施の形態の無線通信装置のビーコンスロット位置決定処理を示すフロー図を図18に示し、以下に説明する。

- [0136] まず、ビーコンスロット位置制御部205は、記録部203に記録されたビーコンスロット状態テーブルを基に、前回のビーコンスロットの構成(ビーコンフォーメーション)に変化があるかないかを判定する(ステップS1801)。変化がなかった場合、ビーコンスロット位置制御部205は、上位スロットへスロット位置を動かすためのカウントダウン動作に移る。すなわち、ビーコンスロット位置制御部205は移動カウンタ206が0となっているか否かを判定し、移動カウンタ206が0であるときは既に上位スロットに空きが無い状態であるので、処理を終了する(ステップS1802)。

- [0137] 一方、移動カウンタ206が0でない場合、次に、移動カウンタ206がFullであるか、“Full-1”であるか、それ以外であるかを判定する(ステップS1803)。そして、Fullで

ある場合、種別404がビーコンで、使用状態403がFullのスロットあるいは種別404がBPOIEで、使用状態403がFullのスロットが自己よりも下位にあるか否かを判定する(ステップS1804)。そして、該当するスロットがあるとき、ビーコンスロット位置制御部205は自分より優先的にビーコンスロット位置変更のカウントダウンを始めるものがあるとして、移動カウンタ206をFullにセットし、保持する(ステップS1805)。このように、より下位のビーコンスロット位置にある無線通信装置にビーコンスロット位置の移動の優先権を持たせることにより、同時に複数ビーコンが同一空きスロットへ移動することを防ぐことができる。

[0138] 一方、ステップS1804において該当するスロットがないとき、ビーコンスロット位置制御部205は移動カウンタ206がFullにセットされている状態か否かを判定し(ステップS1806)、Full状態である場合は移動カウンタ206をディクリメントする(ステップS1807)。そして、カウンタ値が0になった場合(ステップS1808)、ビーコンスロット位置制御部205は次のビーコンピリオドで最上位の空きスロットへ移動するために、ビーコン送信指示部208のタイマー機能にビーコン送信タイミングを設定する(ステップS1809)。また、カウンタ値が0でない場合はそのまま処理を終了する。

[0139] また、ステップS1806において、ビーコンスロット位置制御部205は移動カウンタ206がFullでないときは、自己のカウンタ値と同一のカウンタ値を持つ無線通信装置がBPOIEにより通知されているか否かをビーコンスロット状態テーブルにより確認する(ステップS1810)。そして、そのような無線通信装置がある場合、ステップS1805へ移行し移動カウンタ206をFullに戻す。そのような無線通信装置がない場合は、自己が最優先のビーコンスロット位置移動の権利を持つことになるので、ステップS1807へ移行し、移動カウンタ206をカウントダウンする。

[0140] これは次の理由による。すなわち、BPOIEにより検知される他の無線通信装置Aが、そのカウンタのタイミングでカウントダウンを続けた場合、自己のカウンタ値よりも1つ進んだカウンタ値でカウントダウンすることになる。そうすると、無線通信装置Aが所望の空きスロットに移動するとき、移動により変更されたスロット位置は、自己の無線通信装置における1カウント後で検知される。これにより、BPOIEによる検知では、自己の無線通信装置が移動するタイミングでの空きスロットの検知が不可能となり、ビーコ

ンスロットの衝突の可能性を生じるからである。

- [0141] また、ステップS1803において、移動カウンタ206がFull-1である場合、種別404がビーコンであって、使用状態403がFull-1のスロットが自己よりも下位にあるか否かを判定する(ステップS1811)。そして、該当するスロットがあるときはステップS1805へ移行し、ないときはステップS1806へ移行する。“Full-1”的カウンタ値において、BPOIEにより検知される他の無線装置Aのカウンタ値はFullであるが、これは通常のリセットの状態と同じである。このため、リセットの状態であるか、カウントを開始している状態なのかが判別不能だからである。
- [0142] また、ステップS1803において、移動カウンタ206がFullでも“Full-1”でもない場合、種別404がビーコンであって、使用状態403が移動カウンタのカウンタ値Nと等しいスロット、あるいは、種別404がBPOIEであって、使用状態403がカウンタ値“N+1”と等しいスロットが自己よりも下位にあるか否かを判定する(ステップS1812)。そして、該当するスロットがあるときはステップS1805へ移行し、ないときはステップS1806へ移行する。
- [0143] また、ステップS1801において、ビーコンフォーメーションに変化があった場合、ビーコンスロット位置制御部205は上位スロット(より先頭に近いスロット)に空きがあるかないかを確認し(ステップS1813)、空きがないときは移動カウンタ206を0にする(ステップS1814)。空きがあるならば移動カウンタ206のカウンタ値が0であるか否かを判定する(ステップS1815)。カウンタ値が0でない場合は、ステップS1803に移行する。カウンタ値が0である場合は、空きスロットの内、最も上位のスロットを移動先と決定し、移動カウンタ206にFullを設定する(ステップS1816)。これにより、ビーコンスロットの移動の準備が整う。
- [0144] 以上のように、実施の形態1と同様に、ビーコンスロット位置制御部205が自己よりも上位に空きスロットがある場合であって、下位に移動予定の他の無線通信装置がないときは、ビーコンピリオドを縮退することができる。さらに、自己よりも下位のスロット位置にある無線通信装置が縮退動作を開始しても、自己も一定の条件の下でカウントダウンを開始する。このため、ビーコンスロット位置を移動予定の無線通信装置は、他の無線通信装置のスロット位置の移動が完了するのを待たずに縮退動作を開始

できる。このとき、ビーコンスロット位置制御部205は、1スーパーフレームの間では、次近接の無線通信装置がどこのビーコンに移動したかを知ることができない。しかし、次近接にある無線通信装置がビーコンスロット位置の移動カウンタを1のみ進んでカウントしていることを検出したとき、ビーコンスロット位置制御部205は、自己の移動カウンタをFullにリセットする。これにより、同一スロットへの移動の衝突を防止することができる。

- [0145] 次に、図19に示す配置で本発明に係る無線通信装置が存在するときのビーコンピリオドの縮退動作を説明する。
- [0146] 図19において、無線通信装置A(1901)は、通信エリア1911内の無線通信装置B(1902)と相互に通信可能であり、無線通信装置B(1902)は通信エリア1912内の無線通信装置D(1904)および無線通信装置E(1905)と相互に通信可能であり、無線通信装置C(1903)は通信エリア1913内の無線通信装置E(1905)と相互に通信可能であり、無線通信装置D(1904)は通信エリア1914内の無線通信装置A(1901)および無線通信装置B(1902)と相互に通信可能であり、無線通信装置E(1905)は通信エリア1915内の無線通信装置B(1902)および無線通信装置C(1903)と相互に通信可能である。
- [0147] このときの、無線通信装置A乃至Eがビーコンピリオドでビーコンを送信するタイミングと各無線通信装置が検知する各スロットでのビーコン情報を図20乃至図22に示す。なお、ここで示す縮態動作における移動カウンタのFullは‘3’の場合を示している。
- [0148] 図20Aにおいて、無線通信装置A乃至Eは、第4スロット乃至第7スロットでビーコンを送信している。また、1ホップ離れた位置関係にある無線通信装置のビーコン情報はビーコンピリオド占有情報で検出している。そして、すべての無線通信装置は自己よりも上位に空きスロットがあることを検出し、空きスロットへのビーコンスロットの移動準備としてそれぞれの移動カウンタにFull(本実施の形態においては、‘3’)をセットする。
- [0149] 次のスーパーフレーム周期において、図20Bに示すように、無線通信装置AとCは、最下位スロット(第7スロット)にあるので、移動カウンタのディクリメントを開始する。ま

た、無線通信装置Bは自己のスロットより下位のスロットに、発信元が無線通信装置A、Cであって移動カウンタが共に‘0’であるBPOIEを検出する。このため、無線通信装置Bも移動カウンタのディクリメントを行う。その他の無線通信装置D、Eは、自己より下位のスロットに移動カウンタが自己と同じFullの無線通信装置を検出するので、移動カウンタのディクリメントを行わない。

- [0150] 次のスーパーフレーム周期において、図20Cに示すように、無線通信装置A、Cは移動カウンタのディクリメントを継続する。また、無線通信装置Bは自己のカウンタ値がFull-1であり、自己よりも下位のスロットに、発信元が無線通信装置A、CのBPOIEを検出するのみである。このため、無線通信装置Bは移動カウンタのディクリメントを継続する。さらに、無線通信装置Dは自己よりも下位のスロットに、発信元が無線通信装置Aのスロットを検出するが、移動カウンタが自己のカウンタ値より小さいので自己の移動カウンタのディクリメントを行う。
- [0151] 次のスーパーフレーム周期において、図21Aに示すように、無線通信装置A、Cは移動カウンタのディクリメントを継続した結果、カウントが‘0’となったので、最上位の空きスロットである第1スロットへそれぞれビーコンスロット位置を移動する。無線通信装置Bは、下位の第7スロットで無線通信装置A、CのBPOIEを検出する。しかし、これらの移動カウンタが共に‘1’であって、自己の移動カウンタ+1であるので、移動カウンタをFullに戻す。一方、無線通信装置Dは下位のスロットに、発信元が無線通信装置Bであって、カウンタ値がFullであるスロットを検出するが、自己のカウンタ値と等しくないのでカウントダウンを継続する。
- [0152] 次のスーパーフレーム周期において、図21Bに示すように、無線通信装置Dは移動カウンタのディクリメントを継続した結果、カウントが‘0’となったので、最上位の空きスロットである第2スロットへビーコンスロット位置を移動する。無線通信装置Bは移動カウンタのディクリメントを継続する。
- [0153] 次のスーパーフレーム周期において、図21Cに示すように、無線通信装置Bは移動カウンタのディクリメントを継続する。無線通信装置Eは、自己よりも下位のスロットで発信している無線通信装置Bのカウンタ値がFullでないので、移動カウンタのディクリメントを開始する。

- [0154] 次のスーパーフレーム周期において、図22Aに示すように、無線通信装置Bは移動カウンタのディクリメントを継続した結果、カウントが‘0’となったので、最上位の空きスロットである第3スロットヘビーコンスロット位置を移動する。無線通信装置Eは、移動カウンタのディクリメントを継続する。
- [0155] 次のスーパーフレーム周期において、図22Bに示すように、無線通信装置Eはビーコンフォーメーションに変化があり、自己よりも上位に空きスロットがなくなったことを検出するので、無線通信装置Eは移動カウンタを‘0’にセットする。
- [0156] 以上のように、最下位スロットの無線通信装置A、Cが最上位の空きスロットへ移動した後、無線通信装置Aの通信エリア内にある、最下位スロット位置にない無線通信装置Dが1スーパーフレーム後に最上位の空きスロットへ移動する。その後、無線通信装置A、Cから1ホップ離れた位置にある、最下位スロットの無線通信装置Bが2スーパーフレーム後に最上位の空きスロットへ移動する。
- [0157] このように、上位に複数の空きスロットがある場合、無線通信装置は空きスロットがなくなるまで、順次、最上位の空きスロットヘビーコンスロット位置を移動することができる。これにより、実施の形態1で示した方法に比べ、短時間にビーコンピリオドの縮退動作を行うことが可能になる。
- [0158] なお、本実施の形態では、移動カウンタのリセット値を‘3’としたが、これに限らず、‘2’以上であれば原則的に同様の効果が得られる。しかし、1ホップ内になかった無線通信装置がビーコンの検出中に1ホップ内に移動してしまうこともあり得ることを考慮すると、‘3’以上とすることが好ましい。
- [0159] (実施の形態3)
本実施の形態における無線通信装置の構成は実施の形態1と同一であるが、図27に示すように、記憶部203に記録されたビーコンスロット状態テーブルに移動予定デバイスID(405)情報が追加されている点が異なる。この移動予定デバイスID405には該当スロットへ移動を予定している無線通信装置のデバイスIDが記録される。無線通信装置は他の無線通信装置から受信するビーコンフレームによって移動予定の無線通信装置を知ることができる。
- [0160] 図28は、本実施の形態3におけるビーコンフレームの構成図である。

- [0161] 図28において、移動先ビーコンスロット番号2201フィールドは、送信元の無線通信装置がビーコンスロットの移動を予定している移動先スロット番号であり、移動先ビーコンスロット番号2202フィールドは送信元の無線通信装置が検出した、移動を予定している他の無線通信装置の移動先スロット番号である。これらのフィールドが付加されている点が、実施の形態1と異なる。なお、この移動先ビーコンスロット番号2201、2202フィールドは移動カウンタが0の場合は付加されない。
- [0162] フレーム判定部202は、ビーコンフレームを受信し、カウンタ304、307が‘0’でない場合、移動先ビーコンスロット番号2201、2202に記載のスロット番号を読み出し、それに該当する、ビーコンスロット状態テーブルの移動予定デバイスID405の欄にデバイスID303、306を記録する。これにより、ビーコンスロット位置制御部205は、他の無線通信装置がビーコンスロット位置をどのスロット位置へ移動しようとしているかを検出することができる。
- [0163] また、フレーム構成部207は、実施の形態1と同様に、記録部203から読み出したビーコンスロット状態テーブルと、ビーコン位置制御部205からの情報を基に、ビーコンピリオド占有情報やビーコン送信者情報301を生成して、管理情報を含むビーコンフレームを構成する。さらに、フレーム構成部207は、ビーコンフレームの移動先スロット番号2201、2202に自己あるいは、検出した他の無線通信装置の移動を予定しているスロット番号を設定する。
- [0164] 図23は本実施の形態における無線通信装置のビーコンスロット位置決定処理を示すフロー図である。
- [0165] まず、ビーコンスロット位置制御部205は、記録部203に記録されたビーコンスロット状態テーブルを基に、前回のビーコンスロットの構成(ビーコンフォーメーション)に変化があるかないかを確認する(ステップS2301)。なお、移動予定スロットIDが異なっている場合も、ビーコンフォーメーションに変化があったとして扱う。そして、ビーコンフォーメーションに変化があった場合、ビーコンスロット位置制御部205は、上位スロット(より先頭に近いスロット)に空きがあるか否かを確認する(ステップS2302)。空きがないとき、ビーコンスロット位置制御部205は移動カウンタ206を0にして処理を終了する(ステップS2303)。

- [0166] 一方、空きがある場合、ビーコンスロット位置制御部205は、その空きスロットへ移動を予定している他の無線通信装置があるか否かをチェックし、ある場合はさらに、その無線通信装置の中で自己が現在最下位のスロット位置にいるか否かをチェックする(ステップS2304)。自己が最下位のスロット位置にある場合、ビーコンスロット位置制御部205は、移動カウンタ206のカウンタ値は‘0’か否かをチェックし(ステップS2305)、「0’の場合は、その空きスロットへの移動を開始するために、移動カウンタ206をFull(本実施の形態では‘3’とする。)にリセットする(ステップS2306)。
- [0167] 一方、移動カウンタ206のカウンタ値が‘0’でない場合、ビーコンスロット位置制御部205はその移動カウンタ206をディクリメントする(ステップS2307)。そして、カウンタ値が0となった時点で(ステップS2308)、ビーコンスロット位置制御部205は、その無線通信装置が空きと見なす最上位のビーコンスロットへ移動するために、ビーコン送信指示部208のタイマー機能にビーコン送信タイミングを設定する(ステップS2309)。
- [0168] また、ステップS2304において、自己が現在最下位のスロット位置にいない場合、ビーコンスロット位置制御部205は次に移動先となる空きスロットを選択する(ステップS2310)。この空きスロットとしては、次に上位である空きスロットが選択される。もし、該当する空きスロットがない場合は、ステップS2303へ移行し、ビーコンスロット位置制御部205は移動カウンタ206を“0”にして処理を終了する。一方、空きスロットがある場合は、ビーコンスロット位置制御部205は、カウンタをFullにリセットし、ビーコンスロット状態テーブルの新たな移動先スロット位置に該当する移動予定デバイスID405の欄に自己のデバイスIDを記録する(ステップS2306)。
- [0169] また、前回のビーコンスロットの位置に変更がない場合、すなわち、ステップS2301においてビーコンフォームーションの変化がなかった場合、ビーコンスロット位置制御部205は移動カウンタ206が“0”となっているか否かを判定し(ステップS2311)、移動カウンタ206が“0”であるときは既に上位スロットに空きが無い状態であるので、処理を終了する。
- [0170] 一方、移動カウンタ206が“1”以上の場合、ビーコンスロット状態テーブルを参照し、他の無線通信装置が自己の選択しているスロットを選択しているか否かをチェック

する。そして、他の無線通信装置がある場合さらに、その無線通信装置の中で自己が現在最下位のスロット位置にあるか否かをチェックする(ステップS2312)。自分が最下位のスロット位置にない場合は、ステップS2306へ移行し、移動カウンタ206をFullにリセットして処理を終了する。

- [0171] 一方、自分が最下位のスロット位置にある場合、ビーコンスロット位置制御部205は自己が最優先のビーコンスロット位置移動の権利を持つことになるので、ステップS2307へ移行し、移動のためのカウントダウン処理を行う。
- [0172] 以上のように、ビーコンスロット位置制御部205は自己よりも上位に空きスロットがある場合、下位に移動予定の他の無線通信装置があっても、その下位の無線通信装置のスロット位置移動の完了を待つことなしに、次に上位にある空きスロットへの移動動作を開始する。このため、無線通信装置は自己よりも下位の無線通信装置によるスロット位置移動と並行して、自己的スロット位置移動処理を行うことができる。これにより、複数の空きスロットがある場合に、ビーコンピリオドの縮退動作を短時間に行うことが可能になる。
- [0173] また、本実施の形態においても、この下位スロットから上位スロットへのスロット位置の変更は、変更を決定してからスーパーフレーム3周期後に行っている。これにより、ビーコンスロット位置制御部205は1ホップ離れた位置にある無線通信装置のビーコンスロット位置をビーコンピリオド占有情報から把握できる。そのため、ビーコンスロット位置制御部205はその位置を避けながら上位の空きスロットへ自己のビーコンスロット位置を移動することができ、1ホップ離れた位置の無線通信装置とのスロット位置の衝突を回避することが可能になる。
- [0174] なお、本実施の形態では、移動カウンタのリセット値を3としたが、これに限らず、2以上であれば原則的に同様の効果が得られる。しかし、1ホップ内になかった無線通信装置がビーコンの検出中に1ホップ内に移動してしまうこともあり得ることを考慮すると、3以上とすることが好ましい。
- [0175] 次に、相互に通信可能な位置関係にある本発明に係る無線通信装置A、B、C、Dが、図24Aに示すビーコンピリオドを形成しているときの縮退動作を説明する。
- [0176] 図24Aにおいて、無線通信装置A乃至Dは、それぞれ第1スロット、第4スロット、第

6スロット、第8スロットでビーコンを送信している。このときの各無線通信装置の移動カウンタは、それぞれ0、Full(本実施の形態では‘3’とする。)、Full、Fullであり、無線通信装置B、C、Dの移動先スロット位置は、すべて第2スロットを指示している。これは無線通信装置B、C、Dは、自己のビーコンスロットよりも上位のスロットに空きスロットがあるので、一斉に空きスロットである、第2スロットへ移動を予定していることを示す。

- [0177] 次に、図24Bにおいて、無線通信装置Dは移動を予定している無線通信装置の中で最下位のスロット位置にあるので最優先で移動できると判断し、移動カウンタのカウントダウンを行う。無線通信装置B、Cは、最下位のスロット位置がないことを検知し、次に上位の空きスロット位置である、第3スロットへ移動先スロット番号を変更する。
- [0178] 次に、図24Cにおいて、無線通信装置C、Dは、移動先スロット位置へ移動を予定している無線通信装置の中で最下位のスロット位置にあると判断し、それぞれの移動カウンタをカウントダウンする。無線通信装置Bは、次に上位の空きスロットがないため、移動先スロット番号を変更せず、移動カウンタのカウントも行わない。
- [0179] 次に、図24Dにおいて、無線通信装置Dは移動カウンタのカウンタ値が0となり、移動先スロットであった第2スロットへビーコン送出位置を移動する。そして、無線通信装置Dは、移動カウンタのカウンタ値を0にセットする。無線通信装置Cは移動カウンタをカウントダウンする。
- [0180] 次に、図24Eにおいて、無線通信装置Cは、移動カウンタのカウンタ値が0となり、移動先スロットであった、第3スロットへビーコン送出位置を移動する。そして、無線通信装置Cは、移動カウンタのカウンタ値を0にセットする。無線通信装置Bも上位のスロットに空きスロットがなくなるので、移動カウンタを0にセットする。
- [0181] 以上のように、無線通信装置Cは、自己よりも下位のビーコンスロット位置にある無線通信装置Dのスロット位置移動が完了するまえに、次の上位の空きスロットである、第3スロットへ移動を行うためのカウント動作を開始する。このため、空きスロットである第2スロットおよび第3スロットへの移動が、実施の形態1で示した方法に比べ、短時間に完了できる。なお、本実施の形態では、ステップS2310における空きスロットの選択は、自己よりも下位の無線通信装置が移動予定のスロットを除く、最上位の空き

スロットを選んでいるが、これに限らず、任意の空きスロットを選択するようにしてもよい。これにより、最上位を選ぶ場合に比べ並列に縮退動作する数が増えるので、ビーコンピリオドがかなり大きな数になる場合などでは早く縮退することができる。

[0182] このように本発明によれば、複数の空きスロットがあるときに、複数の無線通信装置によるビーコン位置の移動が並行して行えるので、短時間にビーコンピリオドの縮退動作を行うことが可能になる。

[0183] (実施の形態4)

本実施の形態は、複数のビーコンピリオドグループが近接したときに発生する通信の干渉を解消する方法を示すものである。

[0184] 図25は本実施の形態4における無線通信システムであり、移動ネットワーク2501、2502、2503はそれぞれ異なるビーコンピリオドグループを形成している。

[0185] 図25において、無線通信装置A、L、Xは、それぞれ異なるビーコンピリオドグループ1、2、3に属している。このとき、それらの無線通信装置が近接位置に移動し、他の無線通信装置の通信エリアに進入すると、無線通信装置A、L、Xは自己のグループのビーコンやデータ受信において他のビーコンピリオドグループとの干渉が起こる。

[0186] 図26Aは図25の無線通信装置A、L、Xの構成するビーコンピリオドの例である。それぞれのグループが何のポリシーもなく送受信していると、3つのビーコンピリオドグループのデータ送信可能領域は交差することになり他のビーコンピリオドグループと干渉が起こる。従って、図26Bに示すように、そのビーコンピリオドグループがそれぞれのスーパーフレーム毎に優先的に使用できる時間帯を、自己の属するビーコンピリオドグループのビーコンピリオド(A)から次にその無線通信装置が受信できるビーコンピリオド(B)の先頭までと取り決める。これにより、ビーコンピリオドグループ間の干渉を防止できる。但し、ビーコンピリオドグループ2とビーコンピリオドグループ3との関係のように、もし次のビーコンピリオド(C)が来るまでに最低限のデータ送受信時間が取れないときには、後ろから来るビーコンピリオド(C)を構成するビーコンピリオドグループが先行するビーコンピリオド(B)を構成するビーコンピリオドグループに吸収されるように縮退動作を行う。これにより、多数のビーコンピリオドグループが混在していても、最低限必要なデータ送信時間を確保することができ、そして、互いのデータ送信

時間を侵害しないようにすることが可能になる。

- [0187] 図30は本実施の形態において、各無線通信装置が送信するビーコンフレームの構成を示す図である。
- [0188] 図30において、ビーコン送信情報301は、実施の形態1におけるビーコン送信者情報にさらに結合フラグ3011と、ビーコンピリオド開始オフセット(BPSTオフセット)3012と、ビーコンピリオド選択(BP選択)3013とを含んでいる。この結合フラグ3011は、ビーコンを送信する自分自身がビーコンピリオドの結合動作を行うことを示すものである。また、BPSTオフセット3013は、ビーコンピリオド開始のオフセット時間を示すものである。また、BP選択3013はビーコンピリオドを、自己のオフセットに相手を移動させる側か、相手のオフセットに移動する側かを識別するものである。
- [0189] ビーコンピリオド占有情報302は、実施の形態1におけるビーコンピリオド占有情報にさらに、結合フラグ3014とEBPフラグ3024とを含んだものである。無線通信装置は、ビーコンピリオド占有情報302に自己が受信したビーコン送信者情報301の結合フラグ3011と、EBP情報3002のEBPフラグ3023とを記載し、他の無線通信装置へ通知する。
- [0190] 結合開始通知情報3001は、マージカウンタ3015とシフトカウンタ3016と移動グループ3017とBPSTオフセット3018とを含んでいる。マージカウンタ3015は、この結合動作を開始するまでのスーパーフレーム周期数を示しており、結合の対象となる両ビーコンピリオドグループ内の各無線通信装置間の同期を取るためのものである。シフトカウンタ3016は、ビーコンピリオドを移動するグループ内の無線通信装置が、最初の無線通信装置の移動を開始してから他の無線通信装置の移動を行うスーパーフレーム周期をカウントするカウンタの値を示している。移動グループ3017は、このビーコンを送信している自分自身がビーコンピリオドを移動するビーコンピリオドグループのものであるか否かを示すものであり、移動するビーコンピリオドグループのものである場合にはフラグをセットする。BPSTオフセット3018は、ビーコン送信者情報301のBPSTオフセットと同一である。
- [0191] エクステンド・ビーコンピリオド情報(EBP情報)3002は、デバイスID3019、カウント値3020、結合フラグ3021、ビーコンスロット位置3022、およびEBPフラグ3023を

含む。デバイスID3019には、このビーコンを送信する無線通信装置自身がビーコンピリオドを移動する場合に、自己のデバイスIDが記載され、他の無線通信装置からエマージェンシースロットで結合開始通知情報を受信した場合には、送信元の無線通信装置のデバイスIDが記載される。カウンタ3020、結合フラグ3021、ビーコンスロット位置3022についても同様に、自分自身のもの、あるいは他の無線通信装置から受信したものが記載される。EBPフラグ3023は、デバイスID3019、カウンタ3020、結合フラグ3021、およびビーコンスロット位置3022の情報がエクステンド・ビーコンピリオド情報であることを示すものである。

- [0192] 以下に、異なるビーコンピリオドグループが1つに結合される動作について説明する。
- [0193] 初めに、結合アルゴリズムについて簡単に説明する。なお、この説明では、ビーコンピリオドグループ1(BG-1)にビーコンピリオドグループ2(BG-2)が結合するものとする。
- [0194] 手順1. BG-2の結合を要求する無線通信装置Xが、BG-1のエマージェンシースロットとBG-2の自己のビーコンスロットで結合開始通知情報を送信する。エマージェンシースロットとは、空きスロットがなくなるなど緊急事態のために確保される特別なスロットのことである。
- [0195] 手順2. BG-1とBG-2の無線通信装置Xの近隣にある無線通信装置は、結合開始通知情報を受信すると、以後に送信する自己のビーコンにも受信した結合開始通知情報を発信元のマージカウンタに同期して送信する。そして、結合開始通知情報を送信しているグループ全体によってマージカウンタのカウントダウンを実行する。
- [0196] 手順3. BG-2の結合開始通知情報を送信している無線通信装置の内、結合を希望するものは自己のビーコン送信者情報において結合フラグをセットしてビーコンを送信する。
- [0197] 手順4. BG-1とBG-2の結合開始通知情報を送信している無線通信装置は、互いの相手のビーコンピリオドをサーチしてビーコンを読み込み、そこから相手グループの無線通信装置のビーコン時間占有情報となるEBP情報(エクステンド・ビーコンピリオド情報)を構成して隣接情報を次近接のノードに通知する(BG-1の無線通信

装置はBG-2の結合フラグを立てている無線通信装置のみのEBP情報を作成する)。

- [0198] 手順5. BG-1とBG-2の各無線通信装置はEBP情報を見て、自己の次近接に同じビーコンスロットを占有している無線通信装置があることを検知した場合、マージカウンタが0になるまで自己の属するビーコンピリオドグループに再加入する。
- [0199] 手順6. BG-1とBG-2の各無線通信装置は、マージカウンタが0になったとき、シフトカウンタを、ビーコン送信者情報、ビーコン時間占有情報、EBP情報の結合フラグがセットされた状態がなくなるまでカウントアップしていく。このシフトカウンタは、ビーコンスロットを移動するまでのスーパーフレーム周期をカウントするものである。
- [0200] 手順7. BG-2のビーコン送信者情報に結合フラグをセットしている無線通信装置は、シフトカウンタをカウントアップする。また、第Nビーコンスロットでビーコンを送信している無線通信装置は、シフトカウンタが $2N-1$ のときに、BG-1の最上位の空きビーコンスロットに移動する。
- [0201] 手順8. ビーコン送信者情報、ビーコン時間占有情報、EBP情報の結合フラグをセットした状態がなくなったとき、無線通信装置は結合開始通知情報を送信を終了する。
- [0202] 手順9. 無線通信装置は、結合開始通知情報を送信している間上記のビーコンピリオドの縮退アルゴリズムを停止する。
- [0203] 以上のアルゴリズムについて図面を用いて以下に説明する。
- [0204] 図29は二つのビーコンピリオドグループが近接位置にある状態を示している。
- [0205] 図29において、無線通信装置A、B、C、D、Eが第1のビーコンピリオドグループを形成し、無線通信装置X、Y、Zが第2のビーコンピリオドグループを形成している。
- [0206] 第1のビーコンピリオドグループにおいて、無線通信装置B(2902)は通信エリア2912内の無線通信装置A(2901)、C(2903)、E(2905)と相互に通信可能であるが、無線通信装置D(2904)は次近接の位置関係にあり、直接通信はできない。また、無線通信装置D(2904)は無線通信装置C(2903)の通信エリア2913内に位置するが、無線通信装置B(2902)とは次近接の位置関係にある。
- [0207] 第2のビーコンピリオドグループにおいて、無線通信装置X(2906)、Y(2907)、Z

- (2908)は相互の通信エリアに位置し、相互に通信可能である。
- [0208] 上記のような2つのビーコンピリオドグループが図29に示すような位置関係に移動したとき、第2のビーコンピリオドグループが第1のビーコンピリオドグループに結合するときの結合動作について次に説明する。なお、2つのビーコンピリオドの位置関係は、次の通りである。すなわち、第2のビーコンピリオドグループの無線通信装置Xが、第1のビーコンピリオドグループの無線通信装置A、B、C、Dの通信エリアに位置し、第2のビーコンピリオドグループの無線通信装置Yが、第1のビーコンピリオドグループの無線通信装置A、B、C、Eの通信エリアに位置し、第2のビーコンピリオドグループの無線通信装置Zが、第1のビーコンピリオドグループの無線通信装置B、C、D、Eの通信エリアに位置している。
- [0209] 図31乃至図41は、無線通信装置A乃至E、および無線通信装置X乃至Zがビーコンピリオドでビーコンを送信するタイミングと各無線通信装置が検知する各スロットでのビーコン情報を示している。
- [0210] まず、図31は両グループが現在の位置に移動した初期状態を示す。
- [0211] 図31において、第1ビーコンピリオドグループの無線通信装置Aは、第4スロットでビーコンを送信し、無線通信装置Bは第2スロットでビーコンを送信し、無線通信装置Cは第3スロットでビーコンを送信し、無線通信装置Dは第4スロットでビーコンを送信し、無線通信装置Eは第5スロットでビーコンを送信している。第4スロットで無線通信装置A、Dがビーコンを送信しているが、第1ビーコンピリオドグループ内において、無線通信装置A、Dは2ホップ離れているので無線通信装置B、Cはビーコンピリオド占有情報(BPOIE)によりその存在を知るが、通信の干渉は発生していない。
- [0212] また、第2ビーコンピリオドグループの無線通信装置Xは、第2スロットでビーコンを送信し、無線通信装置Yは第3スロットでビーコンを送信し、無線通信装置Zは第4スロットでビーコンを送信している。
- [0213] なお、第1スロットは、エマージェンシースロットであり、空き状態にある。また、このときの各ビーコンにおいて結合フラグ3011、3014はセットされておらず、結合開始通知情報3001やEBP情報3002を含んでいない。
- [0214] 次に、無線通信装置Xが結合動作の開始を通知する結合開始情報を送信したとき

の状態について図32を用いて説明する。

- [0215] 図32において、無線通信装置Xが第1のビーコンピリオドグループのエマージェンシースロット(第1スロット)3201と、自己のビーコンスロット3202とに結合開始通知情報3001とEBP情報3002とを記載したビーコンを送信する。このときの結合開始通知情報3001のマージンカウンタ3015には‘5’がセットされ、シフトカウンタ3016には‘0’がセットされる。さらに、移動グループ3017には、自己が移動するビーコンピリオドグループであることを示すフラグがセットされ、BPSTオフセット3018には後述するビーコン送信者情報301のBPSTオフセットがコピーされている。
- [0216] また、EBP情報3002のデバイスID3019、カウンタ3020、ビーコンスロット位置3022には、それぞれ無線通信装置X自身のデバイスID、移動カウンタのカウンタ値、ビーコンスロット位置が記載され、結合フラグ3021とEBPフラグ3023はセットされている。さらにまた、ビーコン送信者情報301の結合フラグ3011がセットされ、BPSTオフセット3012には移動先である第1のビーコンピリオドグループのビーコンピリオド開始時間に対するオフセット時間が記載されている。また、BP選択3013には移動先のビーコンピリオド開始時間を基準にすることを示すフラグがセットされている。
- [0217] 第1のビーコンピリオドグループの無線通信装置A乃至Dはこれを直接受信し、第2のビーコンピリオドグループが自己のビーコンピリオドに結合する動作が始まるところを知る。しかし、無線通信装置Eは、これを受信できないので、この時点では知ることはない。なお、無線通信装置Xは、第1のビーコンピリオドグループの第4スロット3203で、通信エリアにある無線通信装置A、Dからビーコンを受信し相互に干渉する。しかし、この場合、無線通信装置Xは、無線通信装置Aからの通信を受信できたものとする。
- [0218] また、第1のビーコンピリオドグループの無線通信装置A乃至Dは、無線通信装置Xから第2のビーコンピリオドグループのビーコンピリオド開始オフセット時間をBPSTオフセット3012とBP選択3013により知ることができる。このため、無線通信装置A乃至Dは、第2のビーコンピリオドグループのビーコンを受信開始する。このとき、無線通信装置Dは、無線通信装置Xから受信したビーコン3203に記載のビーコンピリオド占有情報302に、自己のデバイスIDがないことを検出する。これにより、無線通

信装置Dは、無線通信装置Xが干渉により自己のビーコンを受信できていないことを知ることができる。そこで、無線通信装置Dは、次のスーパーframeで自己のスロット位置をエントリースロットへ移動することを決定する。

- [0219] また、第2のビーコンピリオドグループの無線通信装置Y、Zは、無線通信装置Xから通知された結合動作の開始を知る。そして、自分自身も結合動作を行うことを決定した場合、無線通信装置Y、Zはそれを通知するために、自己のスロット位置でビーコン送信者情報301の結合フラグ3011をセットし、第1のビーコンピリオドグループのビーコンピリオドを読み込み、EBP情報3002を作成してビーコンを送信する。このため、無線通信装置A乃至Cは、無線通信装置Yの結合フラグがセットされていることを検出する。しかしこのとき、無線通信装置Dがビーコンピリオド占有情報で検出する無線通信装置Yの結合フラグは、一つ前のスーパーframeの状態のためセットされていない。無線通信装置Zについても同様に、無線通信装置B乃至Dは無線通信装置Zの結合フラグがセットされていることを検出するが、無線通信装置Aがビーコンピリオド占有情報で検出する無線通信装置Zの結合フラグは、一つ前のスーパーframeの状態のためセットされていない。
- [0220] なお、結合開始通知情報3001とEBP情報3002とを受信した無線通信装置X以外の無線通信装置は、受信した結合開始通知情報3001とEBP情報3002とをコピーして、自己のビーコンスロットで送信する。これにより、無線通信装置X以外の無線通信装置は、次近接の位置にある無線通信装置へこれらの情報を伝達することが可能になる。
- [0221] 次のスーパーframe周期の状態を図33に示す。
- [0222] 図33において、無線通信装置Xは、マージカウントをディクリメントし、マージカウント3015に‘4’をセットする。そして、無線通信装置Xは、第1のビーコンピリオドグループのエマージェンシースロット(第1スロット)3301と、自己のビーコンスロット3302とに結合開始通知情報3001とEBP情報3002とを記載したビーコンを送信する。
- [0223] 無線通信装置Eは、通信エリアの無線通信装置Bを介して、第1スロット3303に無線通信装置Xのビーコンが送信されていることをビーコンピリオド占有情報により知る。また、無線通信装置Eは、結合開始通知情報のBPSTオフセット3018から第2のビ

一コンピリオドグループのビーコンピリオド開始時間を知り、第2のビーコンピリオドグループのビーコンを受信開始する。

- [0224] 無線通信装置Dは、先のスーパーフレームで決定した通り、ビーコンスロット位置をエントリースロット3304に移動してビーコンを送信する。これにより、無線通信装置Xにとって、無線通信装置Aと無線通信装置Dとの干渉が解消される。
- [0225] なお、このスーパーフレーム周期において、第1のビーコンピリオドグループの各無線通信装置は無線通信装置X、Y、Zの結合フラグが、スロット位置の移動が完了するまですべてセットされている状態を検出する。
- [0226] 次のスーパーフレーム周期の状態を図34に示す。
- [0227] 図34において、無線通信装置Xは、マージカウンタをディクリメントし、マージカウンタ3015に‘3’をセットする。そして、無線通信装置Xは、第1のビーコンピリオドグループのエマージェンシースロット(第1スロット)3301と、自己のビーコンスロット3302とに結合開始知情報3001とEBP情報3002とを記載したビーコンを送信する。
- [0228] このスーパーフレーム周期において、無線通信装置Dのスロット位置の変更は次近接の位置にある他の無線通信装置A、B、E、Yに通知される。
- [0229] 次のスーパーフレーム3周期分の状態を図35に示す。
- [0230] 図35において、無線通信装置Xはマージカウンタをディクリメントしたカウンタ値を結合開始知情報3001のマージカウンタ3015にセットして、自己のビーコンスロット3501にビーコンを送信する。この動作は無線通信装置Xのマージカウンタのカウンタ値が2乃至0で繰り返される。この間に、他の無線通信装置は第2のビーコンピリオドグループが第1のビーコンピリオドグループと結合を行うのに支障が無いように、干渉を回避するためのスロット位置の移動などの処理を行う。
- [0231] 次のスーパーフレーム周期の状態を図36に示す。
- [0232] 図36において、無線通信装置A乃至E、無線通信装置X乃至Zは、マージカウンタが‘0’になったので、シフトカウンタをインクリメントし始める。そして、結合開始知情報3001のシフトカウンタ3016にカウンタ値をセットする。このとき、無線通信装置A乃至E、無線通信装置X乃至Zはシフトカウンタのカウンタ値が‘1’(奇数)であると判定し、ビーコンスロット位置を第1のビーコンピリオドグループの最上位の空きスロット(

第7スロット)3601へ移動する。そして、第7スロット位置でビーコンを送信する。これにより、無線通信装置Eを除く全ての無線通信装置がこのビーコンを受信し、無線通信装置Xがスロット位置を変更したことを知る。

- [0233] 次のスーパーフレーム周期の状態を図37に示す。
- [0234] 図37において、無線通信装置Yは、シフトカウンタをインクリメントし、結合開始通知情報3001のシフトカウンタ3016にカウンタ値をセットする。このとき、シフトカウンタのカウンタ値は‘2’(偶数)であるので、無線通信装置Yはスロット位置の移動は行わない。なお、無線通信装置Yの結合フラグ3011の情報は、無線通信装置Cのビーコンピリオド占有情報302を介して、無線通信装置Dへ通知される。このように、スーパーフレーム1周期の間隔をおくことにより、無線通信装置Yの結合動作中であることが次近接の無線通信装置へも通知される。
- [0235] 次のスーパーフレーム周期の状態を図38に示す。
- [0236] 図38において、無線通信装置Yは、シフトカウンタをインクリメントし、結合開始通知情報3001のシフトカウンタ3016にカウンタ値をセットする。このとき、無線通信装置Yはシフトカウンタのカウンタ値が‘3’(奇数)であると判定し、ビーコンスロット位置を第1のビーコンピリオドグループの最上位の空きスロット(第8スロット)3801へ移動する。そして、無線通信装置Yは第8スロット位置でビーコンを送信する。これにより、無線通信装置Dを除く全ての無線通信装置がこのビーコンを受信し、無線通信装置Yがスロット位置を変更したことを知る。
- [0237] 第2のビーコンピリオドグループの無線通信装置Zは、自己が最上位のスロット位置になったので、無線通信装置Yに代わって、シフトカウンタのカウンタ値を結合開始通知情報3001のシフトカウンタ3016にセットしたビーコンを自己のビーコンスロット位置で送信する。無線通信装置Aを除く全ての無線通信装置はこのビーコンを受信し、無線通信装置Zが結合動作を開始することを知る。
- [0238] 次のスーパーフレーム周期の状態を図39に示す。
- [0239] 図39において、無線通信装置Zはシフトカウンタをインクリメントし、結合開始通知情報3001のシフトカウンタ3016にカウンタ値をセットする。このとき、シフトカウンタのカウンタ値は‘4’(偶数)であるので、無線通信装置Zはスロット位置の移動は行わな

い。なお、無線通信装置Zの結合フラグ3011の情報は、無線通信装置Bのビーコンピリオド占有情報302を介して、無線通信装置Aへ通知される。このように次近接の無線通信装置へも無線通信装置Zが結合動作中であることが通知される。

- [0240] 次のスーパーフレーム周期の状態を図40に示す。
- [0241] 図40において、無線通信装置Zは、シフトカウンタをインクリメントし、結合開始通知情報3001のシフトカウンタ3016にカウンタ値をセットする。このとき、無線通信装置Zは、シフトカウンタのカウンタ値が‘5’(奇数)であると判定し、ビーコンスロット位置を第1のビーコンピリオドグループの最上位の空きスロット(第9スロット)4001へ移動する。そして、無線通信装置Zは第9スロット位置でビーコンを送信する。これにより、無線通信装置Aを除く全ての無線通信装置がこのビーコンを受信し、無線通信装置Zがスロット位置を変更したことを知る。
- [0242] 次のスーパーフレーム周期の状態を図41に示す。
- [0243] 図41において、無線通信装置Zは、スロット位置を移動完了しているので、もはや結合開始通知情報3001を付加することはしない。他の無線通信装置はこれにより、第2のビーコンピリオドグループのビーコンピリオドの結合動作が終了したことを知る。
- [0244] このように、ビーコンピリオドの結合を行う無線通信装置は、ビーコン送信者情報の結合フラグをセットしてビーコンを自己のビーコンスロットで送信する。これにより、他の無線通信装置へビーコンピリオドの結合動作の開始を通知することができる。さらに、ビーコンスロット位置の移動がスーパーフレーム1周期おきに行われるようになるので、次近接の無線通信装置へも結合中であることを通知できる。これにより、次近接の位置にある無線通信装置とスロット位置の移動が衝突することを防止できる。
- [0245] なお、無線通信装置Xはマージカウンタが‘5’から‘3’までのスーパーフレームで結合開始通知情報3001を送信している。これは第1ビーコンピリオドグループと第2のビーコンピリオドグループの各無線通信装置へ結合開始情報を確実に通知するためであり、これに限るものではない。
- [0246] 以上のように、複数のビーコンピリオドグループが移動により相互に干渉する場合でも、干渉するビーコンピリオドグループ同士のビーコンピリオドを結合動作させることにより、相互に区分けされた期間で通信を行うことができるので、相互の干渉を防止

することが可能になる。

産業上の利用可能性

- [0247] 本発明は、アドホック通信等をするときの無線通信方法および無線通信装置に有用であり、無線ネットワーク内の各無線通信装置がビーコンを送信する場合に、そのビーコンピリオドを動的に変更するのに適している。

請求の範囲

- [1] 無線通信装置がビーコンピリオドを用いてビーコンを互いに衝突しないように送信する無線通信方法において、
 無線通信装置がビーコンピリオド内に、自己のビーコンを送信する期間であるビーコンスロットより以前に、空きのビーコンスロットがあるか否かを検出するステップと、
 前記検出ステップで空きビーコンスロットを検出したとき、自己のビーコンスロットを前記空きビーコンスロットへ移動するまでの所定数のスーパーフレームのカウントを開始するステップと、
 他の無線通信装置に自己のビーコンスロット位置の移動処理状態を通知する移動状態情報をビーコンに付加とともに、他の無線通信装置から受信した前記移動状態情報と、前記移動状態情報を通知した無線通信装置を特定する識別子と、ビーコンスロット位置とを対応づけてビーコンピリオド占有情報として付加して自己のビーコンスロットで送信するステップと、
 前記所定数のスーパーフレームの経過後に自己のビーコンを前記空きビーコンスロットへ移動して送信するステップと
 を有する無線通信方法。
- [2] 前記所定数のスーパーフレームのカウントは、自己のビーコンスロットからビーコンピリオドの終了までに他の無線通信装置のビーコンが存在する期間は行わないことを特徴とする請求項1に記載の無線通信方法。
- [3] 前記所定数のスーパーフレームのカウントは、2以上であることを特徴とする請求項1に記載の無線通信方法。
- [4] 前記無線通信装置は、受信した前記ビーコン及び前記ビーコンピリオド占有情報により、無線通信装置のビーコンスロット位置の配置であるビーコンフォーメーションの変更を検出したとき、空きビーコンスロットの検出と、当該空きビーコンスロットへの自己のビーコンスロット位置の移動処理を行う請求項1乃至3のいずれかに記載の無線通信方法。
- [5] 前記移動状態情報は、前記所定数のスーパーフレームをカウントする移動カウンタのカウンタ値あるいはフラグである請求項1に記載の無線通信方法。

- [6] 前記無線通信装置は、前記ビーコンフォーメーションの最下位のスロットから少なくとも2スロットを、データ通信を行わないエントリースロットとして確保し、前記無線ネットワークシステムへ新規加入、あるいは再加入によりビーコンの送信を開始するとき、前記エントリースロットからランダムに選択したスロットを自己のビーコンスロット位置としてビーコンを送信することを特徴とする請求項4に記載の無線通信方法。
- [7] 前記無線通信装置が、自己の認識している前記ビーコンフォーメーションの最下位スロットまでの長さを示すビーコンスロット長情報をビーコンに付加するステップをさらに有し、
前記無線通信装置が近隣の無線通信装置から受信した前記ビーコンスロット長情報のうち、最大のビーコンスロット長に前記エントリースロットの長さを加えた期間においてデータ通信を行なわず、ビーコンを受け付けることを特徴とする請求項6に記載の無線通信方法。
- [8] ビーコンを受信し、フレームを抽出するビーコン受信部と、
抽出したフレームがビーコンフレームであるか否かを判定し、ビーコンの受信スロット位置と、当該ビーコンの送信元の無線通信装置を特定する識別子と、前記送信元の無線通信装置がビーコンスロット位置を移動するか否かを示す移動状態情報を関連づけて、ビーコンピリオド占有情報として記録部に記録するとともに、前記ビーコンフレームに付与されていた前記ビーコンピリオド占有情報を記録するフレーム判定部と、
前記記録部に記録されたすべての前記ビーコンピリオド占有情報を基に、ビーコンピリオド内に、自己のビーコンスロットより前に空きビーコンスロットを検出したとき、自己のビーコンスロットを前記空きビーコンスロットへ移動するまでの所定数のスーパーフレームのカウンタ値を移動カウンタに設定し、当該移動カウンタからカウントダウンの通知を受けて自己のビーコンスロット位置の変更を指示するビーコンスロット位置制御部と、
ビーコンスロット位置制御部から指示された、自己のスロット位置を検出し、ビーコンの送信を指示するビーコン送信指示部と、
前記ビーコン送信指示部からの指示を受けて、受信したビーコンから生成した前記ビ

- 一コンピリオド占有情報と、自己の移動状態情報と、自己が受信したビーコンから求めたビーコンスロットの全長を示すビーコンスロット長情報とを含むビーコンフレームを構成するフレーム構成部と、
を有する無線通信装置。
- [9] 前記移動カウンタは、自己のビーコンスロットからビーコンピリオドの終了までに他の無線通信装置のビーコンが存在する期間は前記所定数のスーパーフレームのカウントを行わないことを特徴とする請求項8に記載の無線通信装置。
- [10] 前記所定数のスーパーフレームのカウントは、2以上であることを特徴とする請求項9に記載の無線通信装置。
- [11] 前記ビーコンスロット位置制御部は、受信した前記ビーコン及び前記ビーコンピリオド占有情報により、無線通信装置のビーコンスロット位置の配置であるビーコンフォーメーションの変更を検出したとき、空きビーコンスロットの検出と、当該空きビーコンスロットへの自己のビーコンスロット位置の移動処理を行う請求項8に記載の無線通信装置。
- [12] 前記移動状態情報は、前記所定数のスーパーフレームをカウントする移動カウンタのカウンタ値あるいはフラグである請求項8に記載の無線通信装置。
- [13] 前記フレーム構成部は、前記ビーコンフォーメーションの最下位のスロットから少なくとも2スロットを、データ通信を行わないエントリースロットとして設け、
前記ビーコンスロット位置制御部は当該無線通信装置が前記無線ネットワークシステムへ新規加入、あるいは再加入によりビーコンの送信を開始するとき、前記エントリースロットからランダムに選択したスロットを自己のビーコンスロット位置としてビーコン送信指示部へ指示することを特徴とする請求項8に記載の無線通信装置。
- [14] 前記フレーム判定部は、近隣の無線通信装置から受信した前記ビーコンスロット長情報のうち、最大のビーコンスロット長に前記エントリースロットの長さを加えた期間において、ビーコンを受け付け、
前記フレーム構成部は、前記期間中にデータ通信を行なわないことを特徴とする請求項8に記載の無線通信装置。
- [15] 前記移動状態情報は、前記無線通信装置のビーコンスロット位置の移動予定先を示

す移動先スロット位置情報をさらに含み、無線通信装置は自己のビーコンスロットからビーコンピリオドの終了までにビーコンを送信する他の無線通信装置が前記移動先スロット位置情報で指定したビーコンスロット以外に空きビーコンスロットがあることを検出した場合、当該空きビーコンスロットのいずれかを選択し、移動先ビーコンスロット位置として他の無線通信装置へ通知するとともに、前記所定数のスーパーフレームのカウントを開始することを特徴とする請求項1に記載の無線通信方法。

- [16] 前記無線通信装置は、前記空きビーコンスロットの中で最上位のビーコンスロットを選択した際に、自分が最下位スロットでないならば、最下位のスロットになるまで、順次、次のスーパーフレームで、次に最高位となる空きスロットを選択することを特徴とする請求項15に記載の無線通信方法。
- [17] 前記無線通信装置は、前記空きビーコンスロットの中で任意のビーコンスロットを選択することを特徴とする請求項15に記載の無線通信方法。
- [18] 前記所定数のスーパーフレームをカウント中に、自己のカウンタ値が最大値である場合には、最大値のカウンタ値を有する他の無線通信装置を前記移動状態情報から検知する、あるいは、前記最大値のカウンタ値を有する他の無線通信装置を前記ビーコンピリオド占有情報から検知し、自己のカウンタ値が最大値-1である場合には他の無線通信装置を、前記移動状態情報から検知し、自己のカウンタ値が最大値でも最大値-1でもない場合には、同一のカウンタ値を有する他の無線通信装置を、前記移動状態情報から検知する、あるいは、自己のカウンタ値+1の値を有する他の無線通信装置を前記ビーコンピリオド占有情報から検知するステップを有し、いずれかの前記条件に適合する無線通信装置を検知したとき、当該無線通信装置の内、最下位のスロット位置にある無線通信装置が前記カウントを継続し、該当しない他の無線通信装置は所定のカウンタ値にリセットすることを特徴とする請求項1に記載の無線通信方法。
- [19] 前記カウント中に最大値もしくは0以外の自己のカウンタ値と同一のカウンタ値を有する前記ビーコンピリオド占有情報を受信したとき、前記カウントを中止し、自己のカウンタ値を最大値にリセットすることを特徴とする請求項18に記載の無線通信方法。

- [20] 自己のビーコンスロットの移動先の前記空きビーコンスロットは、最上位の空きビーコンスロットであることを特徴とした請求項1に記載の無線通信方法。
- [21] 前記移動状態情報は、前記無線通信装置のビーコンスロット位置の移動予定先を示す移動先スロット位置情報をさらに含み、
前記ビーコンスロット位置制御部は、自己のビーコンスロットからビーコンピリオドの終了までにビーコンを送信する他の無線通信装置の前記移動先スロット位置情報によって指定されたビーコンスロット以外に空きビーコンスロットがある場合は、当該空きビーコンスロットを移動先ビーコンスロット位置として自己の移動状態情報を前記記録部に記録し、前記所定のカウンタ値を前記移動カウンタに設定するものであり、
前記フレーム構成部は、前記記録部に記録された自己の移動状態情報を含むビーコンフレームを構成することを特徴とする請求項8に記載の無線通信装置。
- [22] 前記ビーコンスロット位置制御部は、自己のビーコンスロットからビーコンピリオドの終了までにビーコンを送信する他の無線通信装置が移動を予定するビーコンスロット以外の空きスロットの中で、最上位のビーコンスロットを移動先ビーコンスロットに指定することを特徴とする請求項21に記載の無線通信装置。

要 約 書

無線ネットワークシステムを構成する無線通信装置のビーコンスロット位置制御部(205)は、ビーコンピリオド内に空きのビーコンスロットがあるか否かを検出する。空きビーコンスロットが、自己のビーコンを送信する期間より前にあるとき、移動カウンタ(206)が、所定のスーパーフレームをカウント開始する。そして、カウントが完了したとき、先の空きビーコンスロットで自己のビーコンを送信する。これにより、空きビーコンスロットが詰まるので、無線ネットワークシステムに加入する無線通信装置の数が動的に変動しても、無線通信装置は通信効率の良い、しかも消費電力の無駄も少ない無線通信を行うことができる。

[図1]

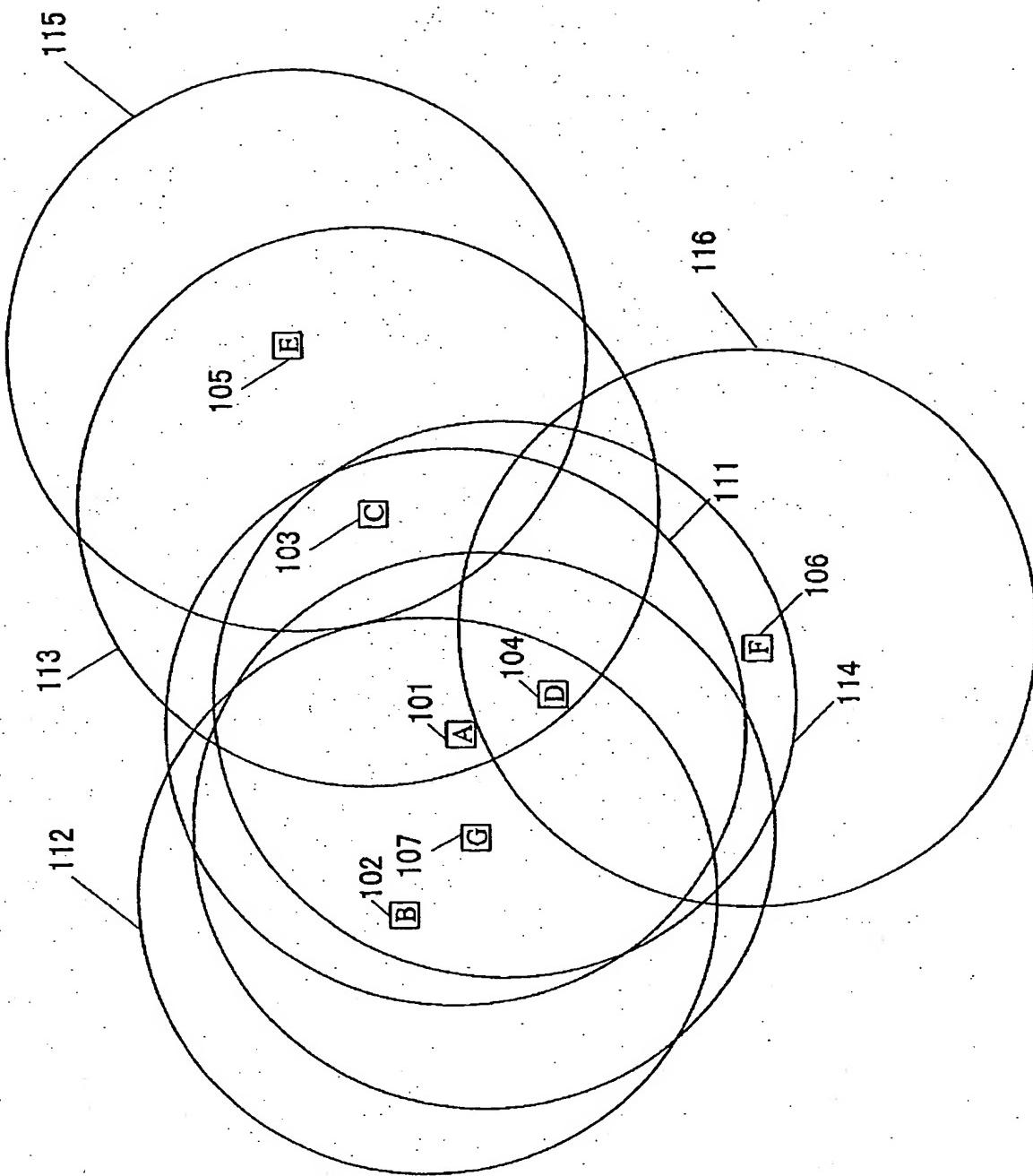


図2

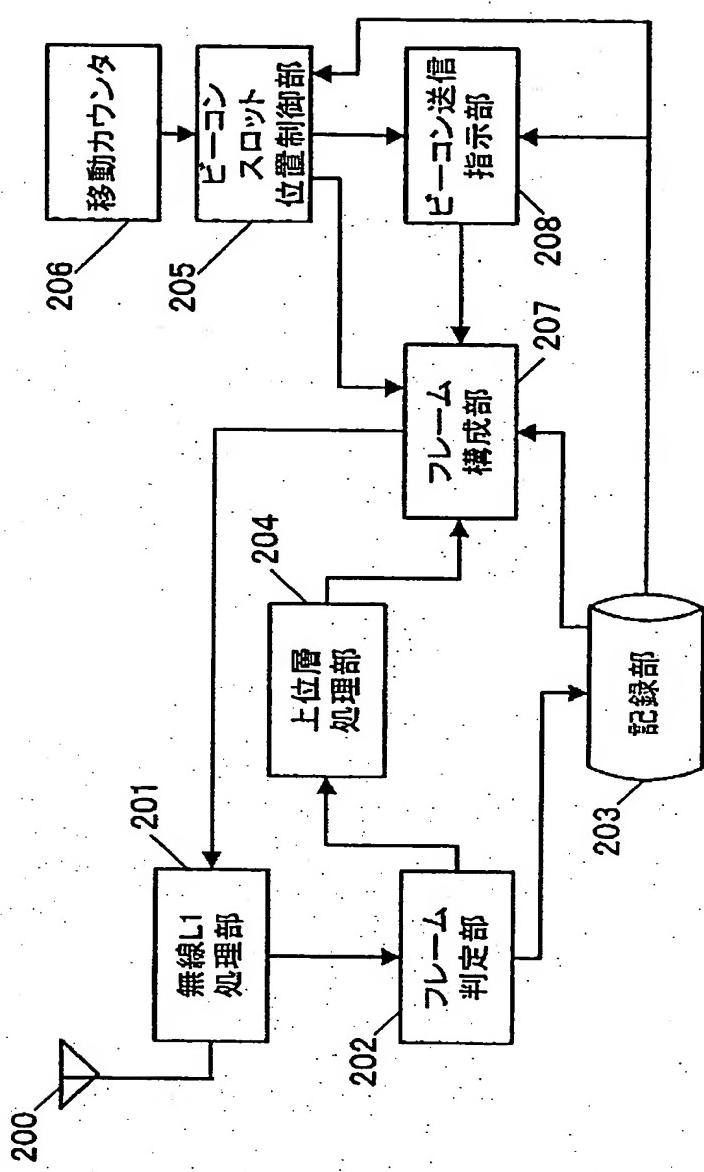
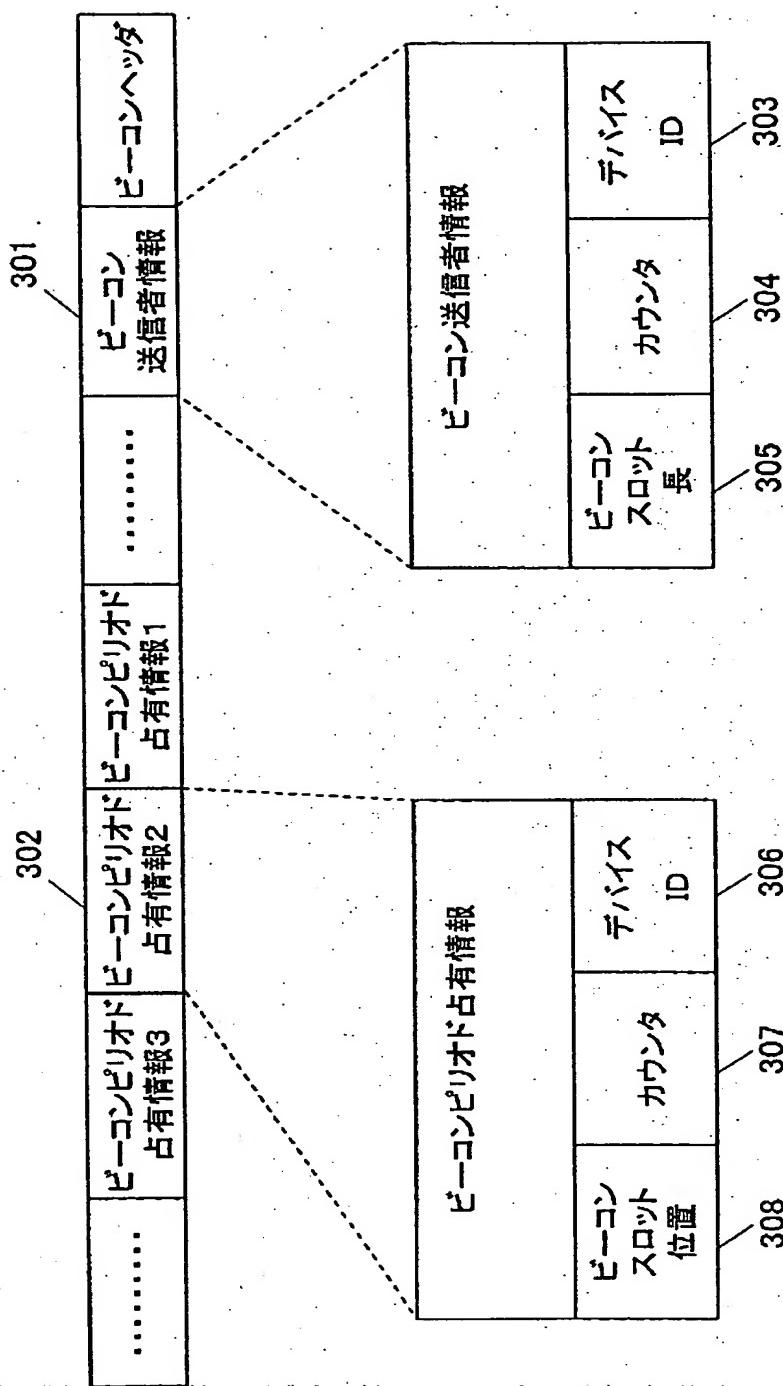


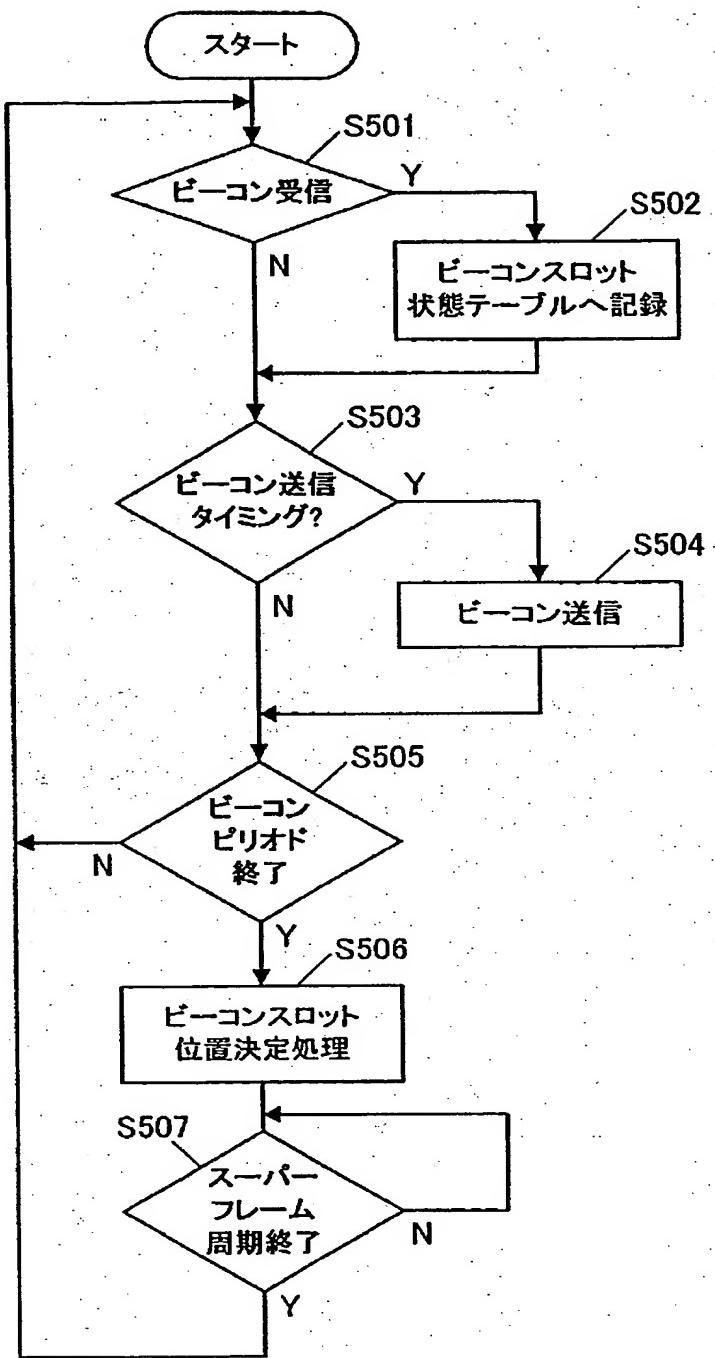
図3]



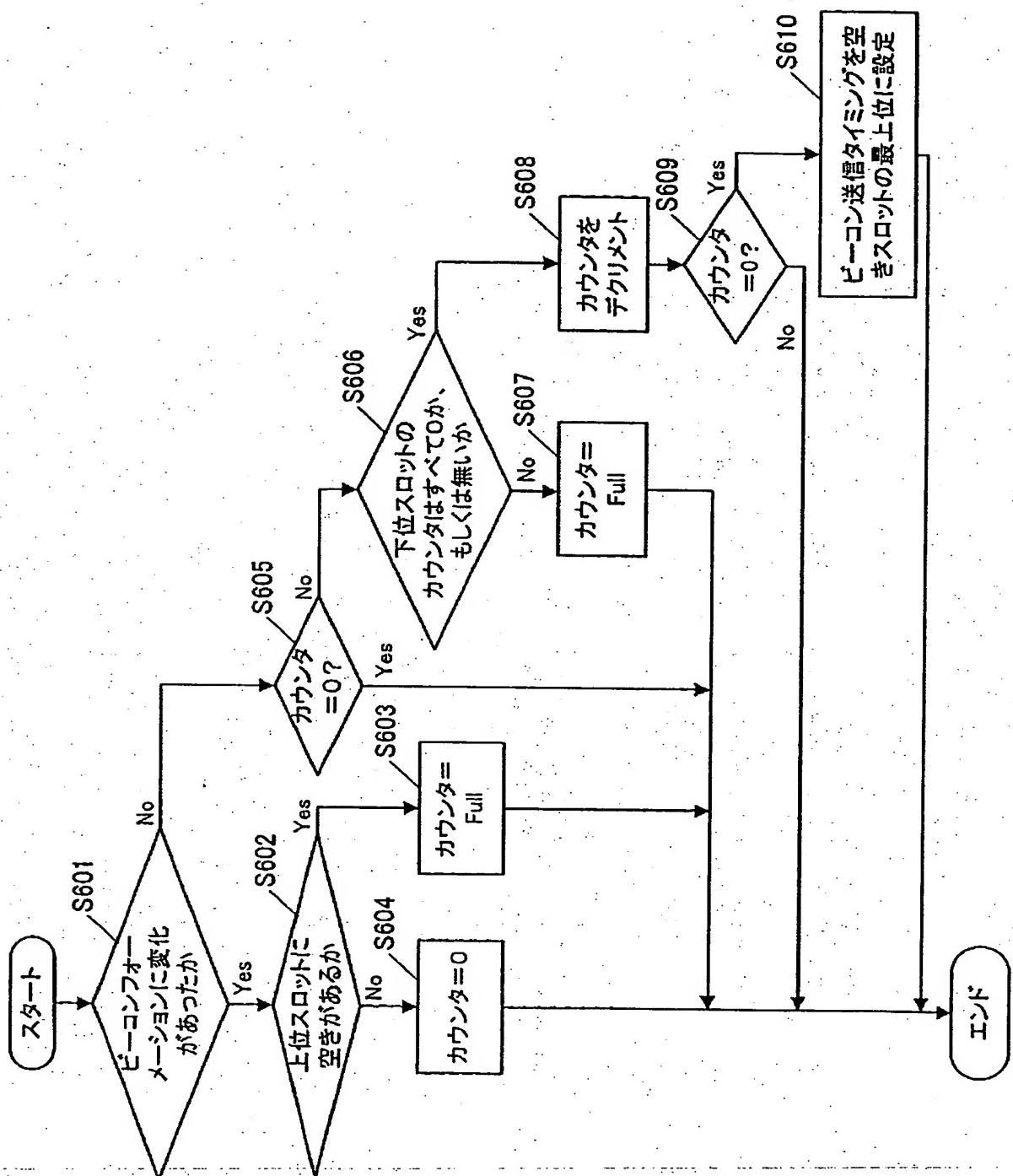
[図4]

スロット番号	デバイスID	使用状態	種別
1	A	O	Beacon
2	B	O	BPOIE
2	E	O	Beacon
3	C	O	BPOIE
4	D	O	Beacon
5	F	O	Beacon
6	O	O	O
7	O	O	O
8	O	O	O

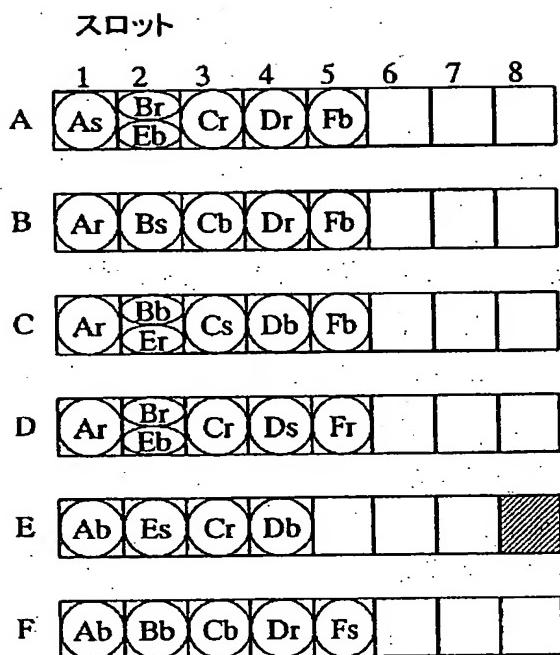
[図5]



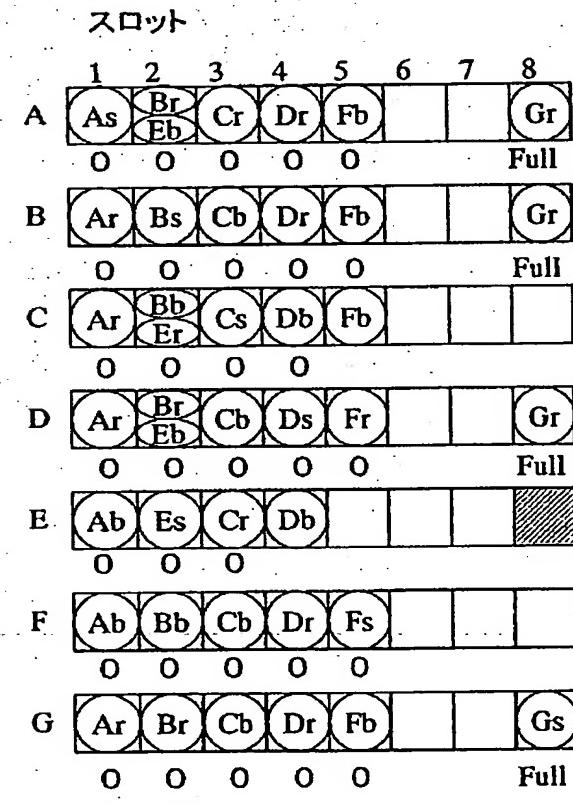
[図6]



[図7A]



[図7B]



カウンタ

[図7C]

	スロット								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
A	As	Br Eb	Cr	Dr	Fb				Gr
	0	0	0	0	0				1
B	Ar	Bs	Cb	Dr	Fb				Gr
	0	0	0	0	0				1
C	Ar	Bb Er	Cs	Db	Fb				Gb
	0	0	0	0	0				2
D	Ar	Br Eb	Cr	Ds	Fr				Gr
	0	0	0	0	0				1
E	Ab	Es	Cr	Db					Gb
	0	0	0						
F	Ab	Bb	Cb	Dr	Fs				Gb
	0	0	0	0	0				2
G	Ar	Br	Cb	Dr	Fb				Gs
	0	0	0	0	0				1

カウンタ

[図8A]

	スロット								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
A	As	Br Eb	Cr	Dr	Fb	Gr			
	0	0	0	0	0	0			
B	Ar	Bs	Cb	Dr	Fb	Gr			
	0	0	0	0	0	0			
C	Ar	Bb Er	Cs	Db	Fb				Gb
	0	0	0	0	0				1
D	Ar	Br Eb	Cb	Ds	Fr	Gr			
	0	0	0	0	0	0			
E	Ab	Es	Cr	Db					Gb
	0	0	0						
F	Ab	Bb	Cb	Dr	Fs				Gb
	0	0	0	0	0				1
G	Ar	Br	Cb	Dr	Fb	Gs			
	0	0	0	0	0	0			

カウンタ 0 0 0 0 0 0

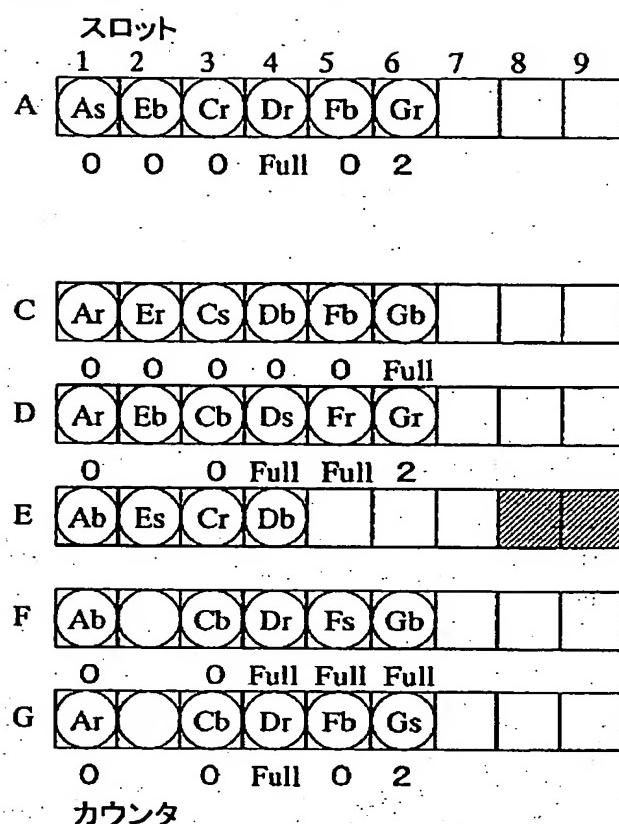
[図8B]

	スロット	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	As	Br Eb	Cr	Dr	Fb	Gr						
	0	0	0	0	0	0						
B	Ar	Bs	Cb	Dr	Fb	Gr						
	0	0	0	0	0	0						
C	Ar	Bb Er	Cs	Db	Fb	Gb						
	0	0	0	0	0	0						
D	Ar	Br Eb	Cr	Ds	Fr	Gr						
	0	0	0	0	0	0						
E	Ab	Es	Cr	Db								
	0	0	0									
F	Ab	Bb	Cb	Dr	Fs	Gr						
	0	0	0	0	0	0						
G	Ar	Br	Cb	Dr	Fb	Gs						
	0	0	0	0	0	0						
カウンタ	0	0	0	0	0	0						

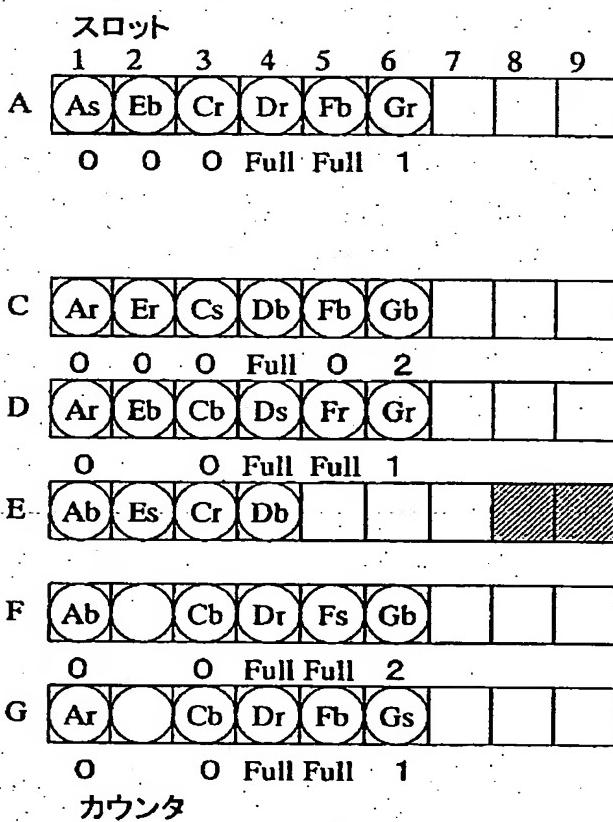
[図9A]

	スロット	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A	As	Eb	Cr	Dr	Fb	Gr					
	0	0	0	Full	0	Full					
C	Ar	Bb Er	Cs	Db	Fb	Gb					
	0	0	0	0	0	0					
D	Ar	Eb	Cr	Ds	Fr	Gr					
	0	0	0	Full	0	Full					
E	Ab	Es	Cr	Db							
	0	0	0								
F	Ab	Bb	Cb	Dr	Fs	Gb					
	0	0	0	Full	0	0					
G	Ar		Cb	Dr	Fb	Gs					
	0	0	0	Full	0	Full					
カウンタ	0	0	0	0	0	0					

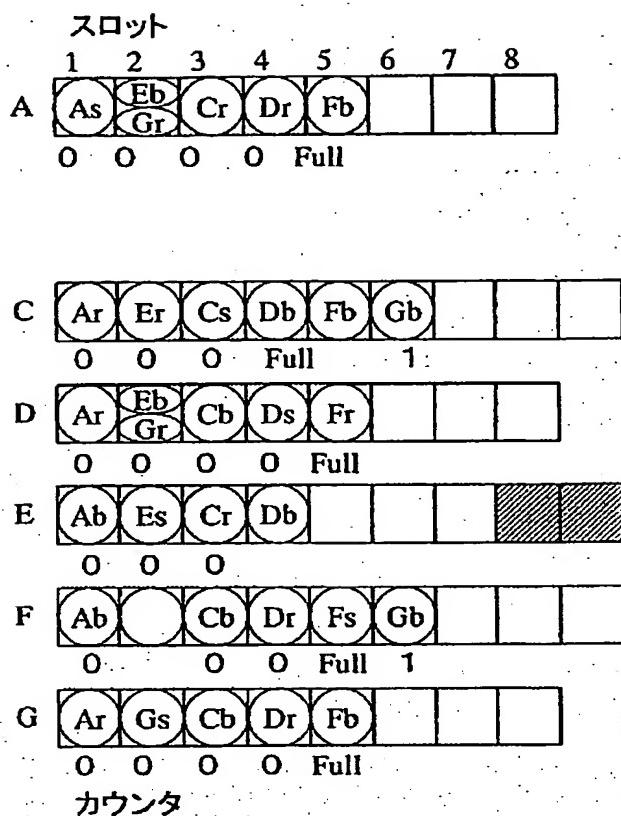
[図9B]



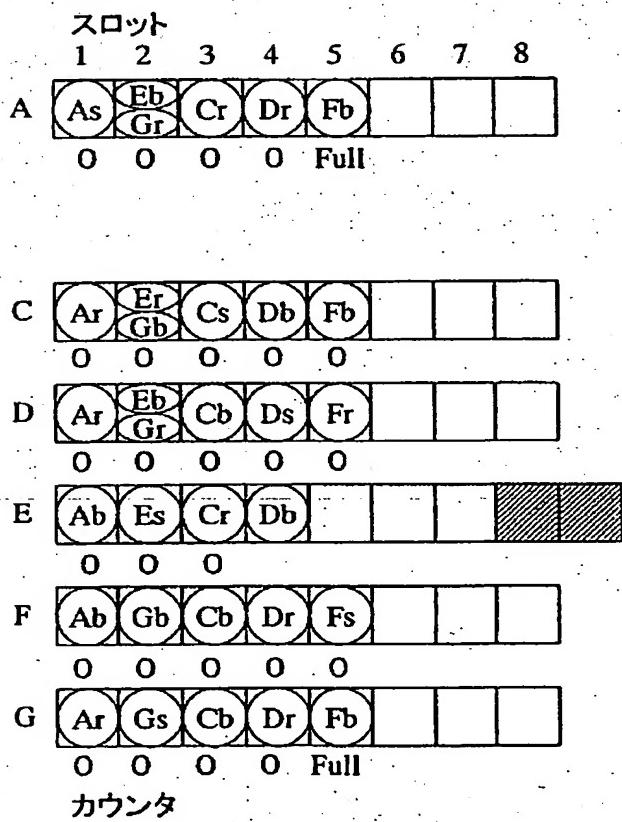
[図9C]



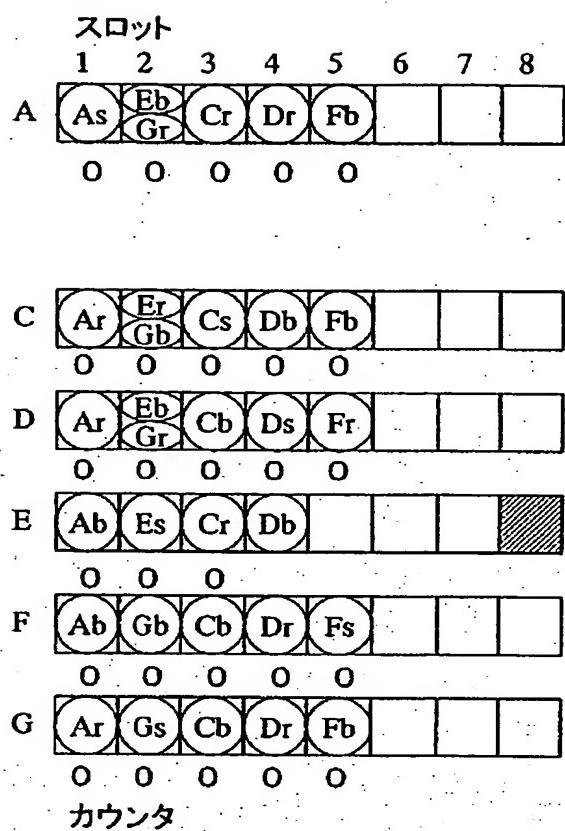
[図10A]



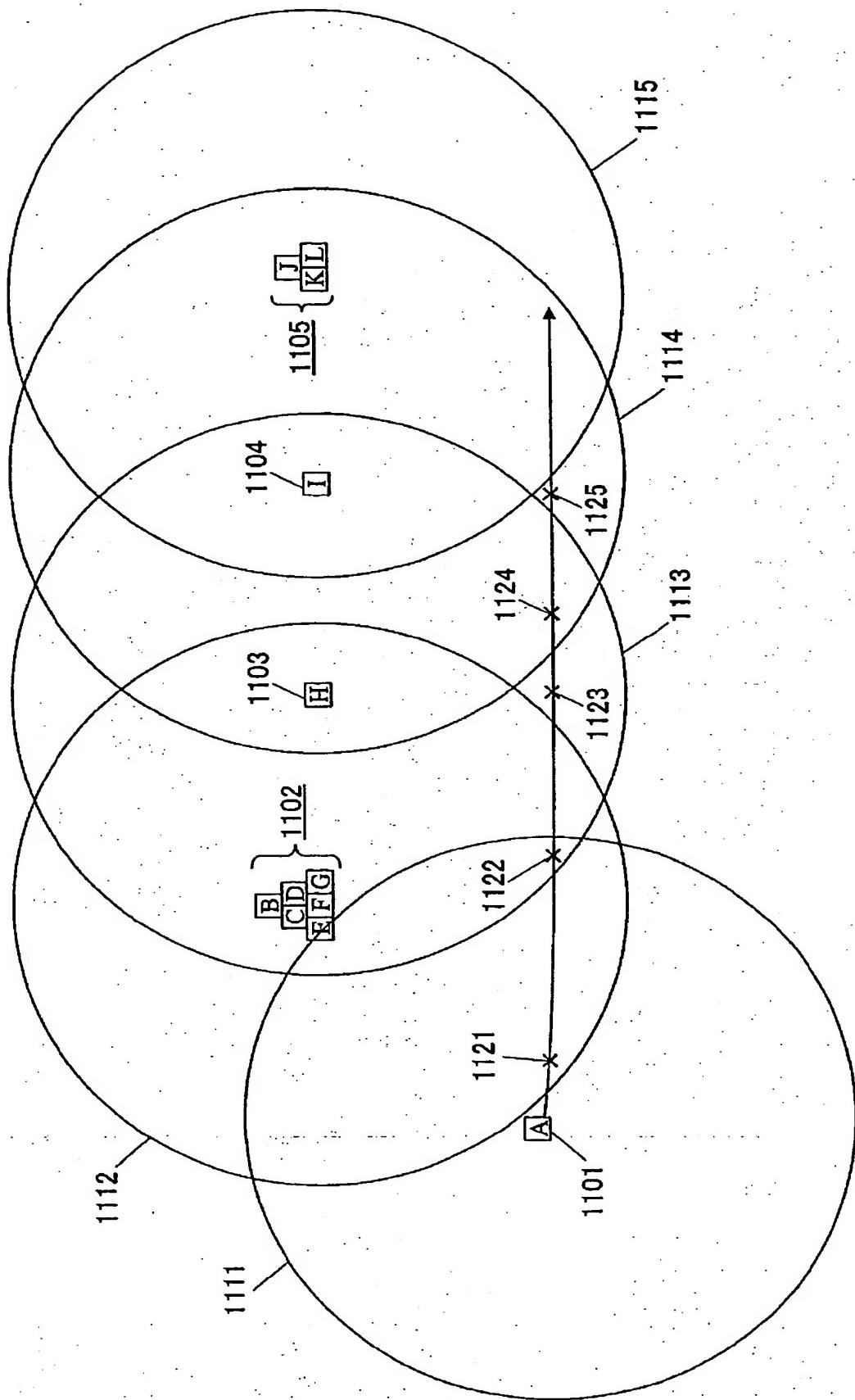
[図10B]



[図10C]



[図11]



[図12A]

スロット	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	Br	Cr	Dr	Er	Fr	Gr	Hb			As	
	0	0	0	0	0	0	0			Full	
B	Bs	Cr	Dr	Er	Fr	Gr	Hr	Ib		Ar	
	0	0	0	0	0	0	0	0		Full	
C	Br	Cs	Dr	Er	Fr	Gr	Hr	Ib		Ar	
	0	0	0	0	0	0	0	0		Full	
.....											
.....											
H	Br	Cr	Dr	Er	Fr	Gr	Hs	Ir			
	Jb	Kb	Lb								
	0	0	0	0	0	0	0	0			
I	Bb	Cb	Db	Eb	Fb	Gb	Hr	Is			
	Jr	Kr	Lr								
	0	0	0	0	0	0	0	0			
J	Js	Kr	Lr						Hb	Ir	
カウンタ	0	0	0					0	0		

[図12B]

スロット	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	Br	Cr	Dr	Er	Fr	Gr	Hb	As			
	0	0	0	0	0	0	0	0			
B	Bs	Cr	Dr	Er	Fr	Gr	Hr	Ar Ib			
	0	0	0	0	0	0	0	0			
C	Br	Cs	Dr	Er	Fr	Gr	Hr	Ar Ib			
	0	0	0	0	0	0	0	0			
.....											
.....											
H	Br	Cr	Dr	Er	Fr	Gr	Hs	Ab Ir			
	Jb	Kb	Lb								
	0	0	0	0	0	0	0	0			
I	Bb	Cb	D _b	E _b	F _b	G _b	H _r	I _s			
	Jr	Kr	L _r								
	0	0	0	0	0	0	0	0			
J	Js	Kr	L _r					Hb	Ir		
カウンタ	0	0	0					0	0		

[図13A]

スロット	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	Br	Cr	Dr	Er	Fr	Gr	Hr	As Ib			
	0	0	0	0	0	0	0	0			
B	Bs	Cr	Dr	Er	Fr	Gr	Hr	Ar Ib			
	0	0	0	0	0	0	0	0			
C	Br	Cs	Dr	Er	Fr	Gr	Hr	Ar Ib			
	0	0	0	0	0	0	0	0			
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											
.....											

[图13B]

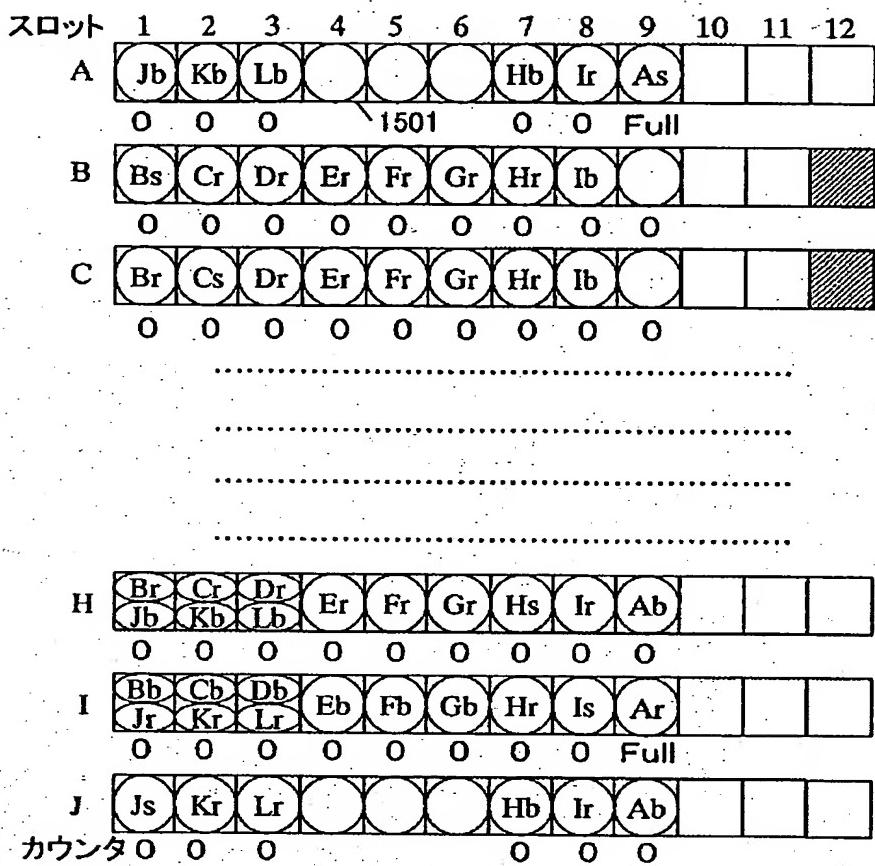
スロット	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	Br	Cr	Dr	Er	Fr	Gr	Hr	Ib	As			
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1302		
B	Bs	Cr	Dr	Er	Fr	Gr	Hr	Ib	Ar			
	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
C	Br	Cs	Dr	Er	Fr	Gr	Hr	Ib	Ar			
	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
.....												
.....												
.....												
.....												
H	Br	Cr	Dr	Er	Fr	Gr	Hs	Ir	Ar			
	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
I	Bb	Cb	Db	Eb	Fb	Gb	Hr	Is	Ab			
	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
J	Js	Kr	Lr					Hb	Ir			
カウンタ	0	0	0					0	0			

[図14A]

[図14B]

スロット	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	Bb	Cb	Db	Eb	Fb	Gb	Hr	Ir	As			
	Jb	Kb	Lb									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
B	Bs	Cr	Dr	Er	Fr	Gr	Hr	Ib	Ab			
	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
C	Br	Cs	Dr	Er	Fr	Gr	Hr	Ib	Ab			
	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
.....												
.....												
.....												
.....												
H	Br	Ct	Dr	Er	Fr	Gr	Hs	Ir	Ar			
	Jb	Kb	Lb									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
I	Bb	Cb	Db	Eb	Fb	Gb	Hr	Is	Ar			
	Jr	Kr	Lr									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
J	Kr	Lr					Hb	Ir	Ab			
	0	0	0					0	0	0		

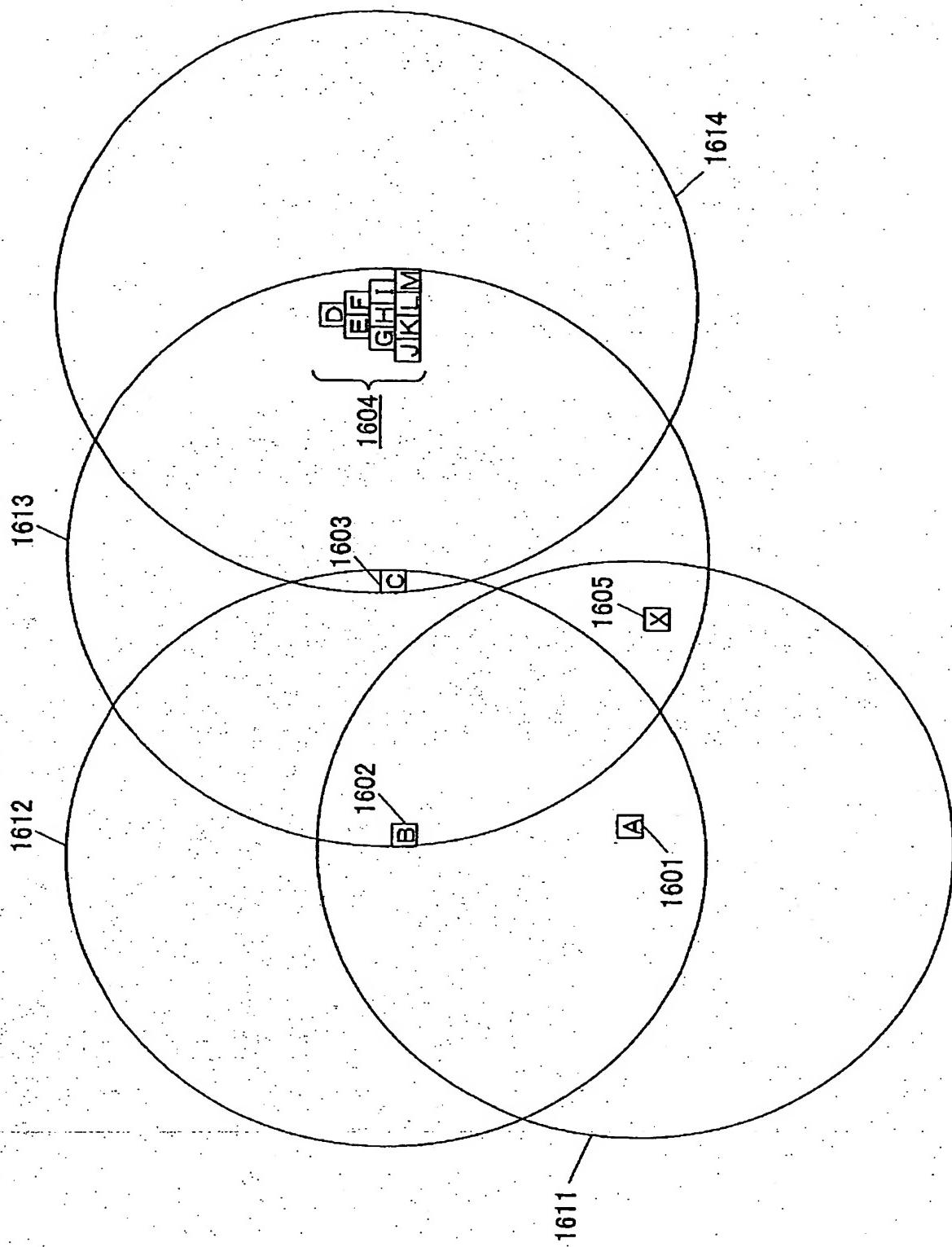
[図15A]



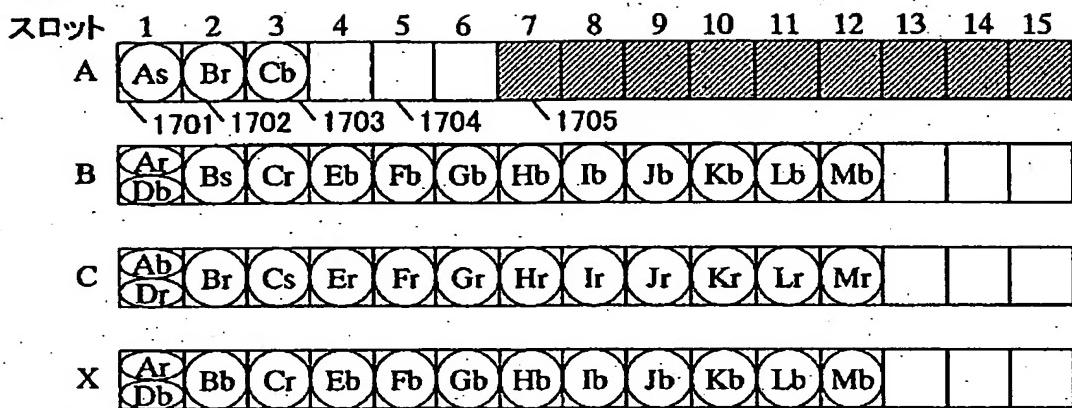
[图15B]

スロット	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	Jr	Kb	Lb	As			Hb	Ir			
	O	O	O	O	1501		O	O			
B	Bs	Cr	Dr	Er	Fr	Gr	Hr	Ib			
	O	O	O	O	O	O	O	O			
C	Br	Cs	Dr	Er	Fr	Gr	Hr	Ib			
	O	O	O	O	O	O	O	O			
.....											
.....											
.....											
.....											
H	Br	Cr	Dr	Er	Fr	Gr	Hs	Ir			
	Jb	Kb	Lb	Ab							
	O	O	O	O	O	O	O	O			
I	Bb	Cb	Db	Eb	Fb	Gb	Hr	Is			
	Jr	Kr	Lr	Ar							
	O	O	O	O	O	O	O	O			
J	Kr	Lr	Ab			Hb	Ir				
	O	O	O	O			O	O			

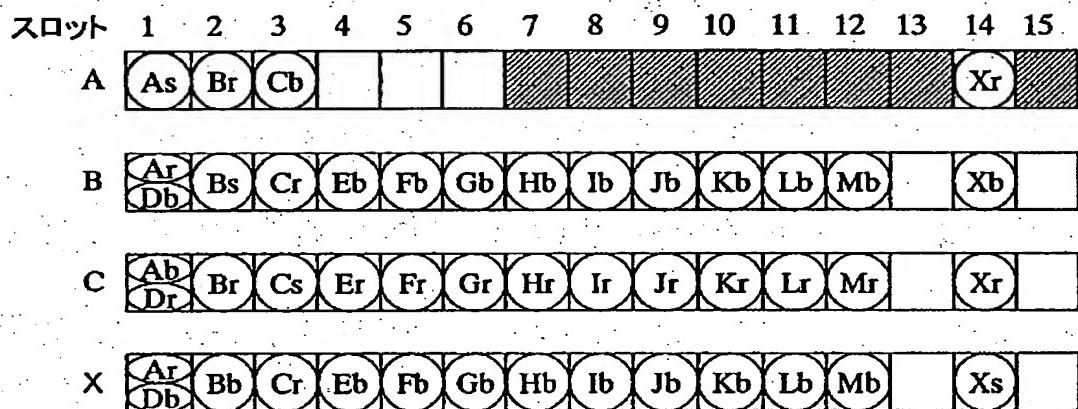
[図16]



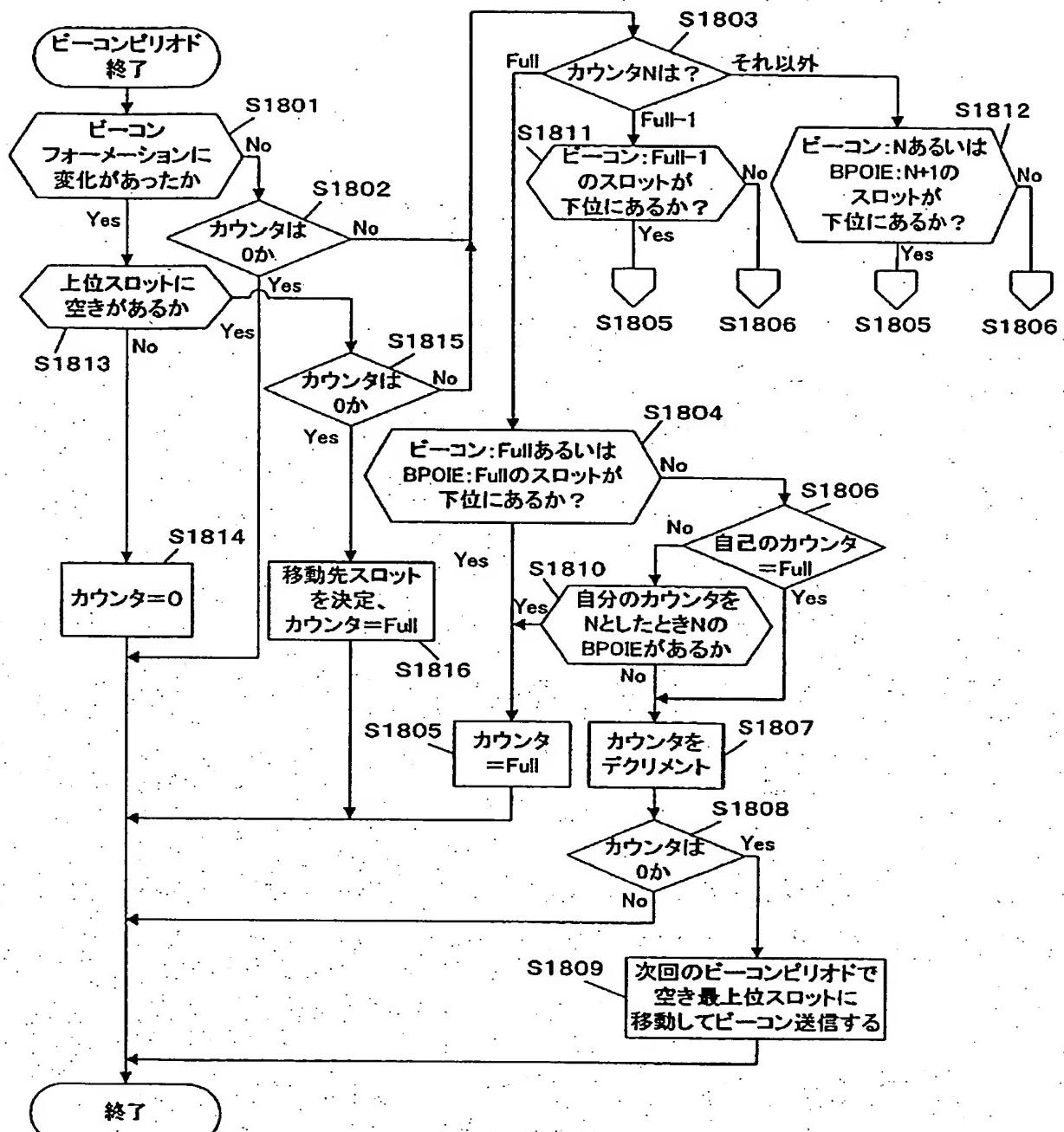
[図17A]



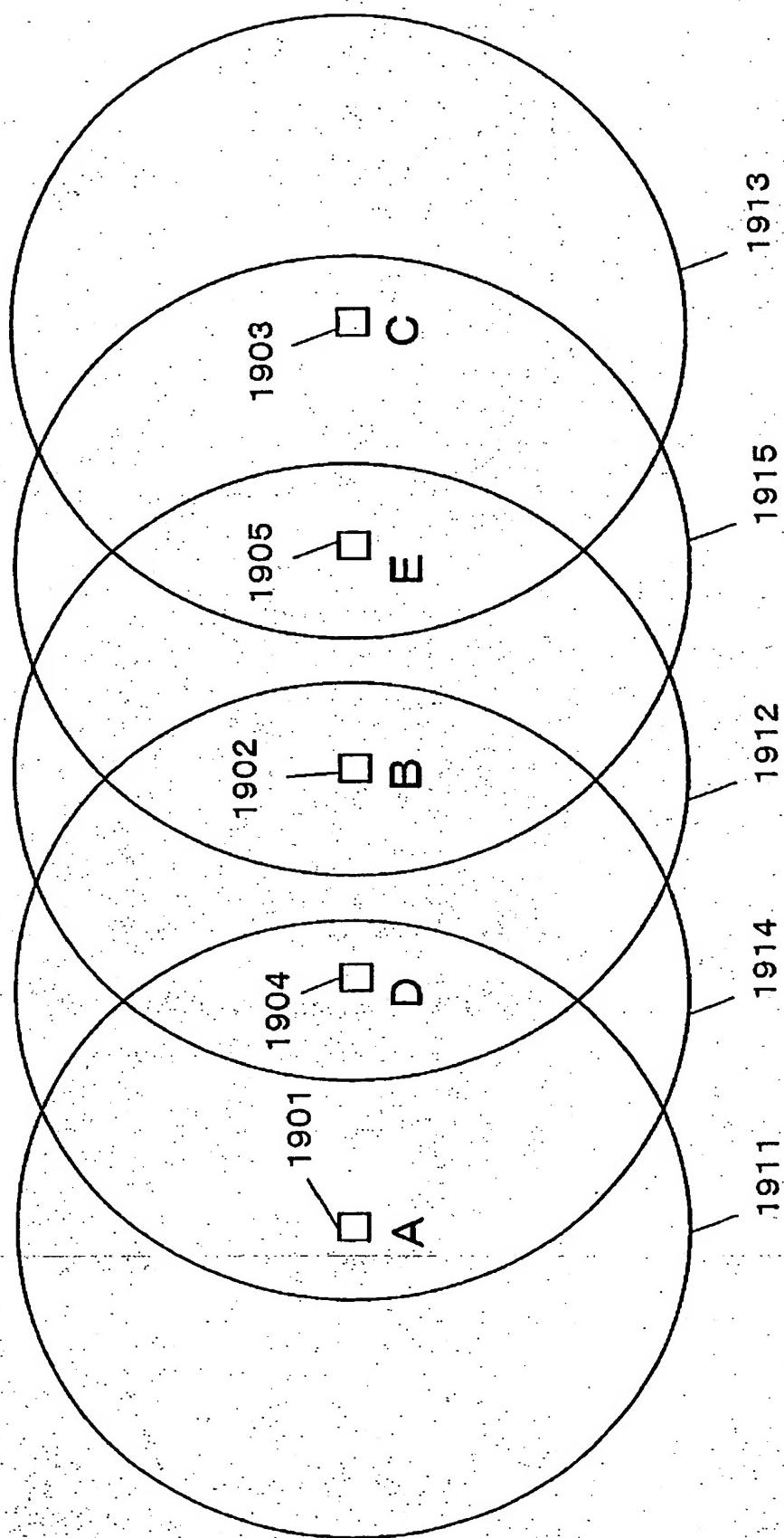
[図17B]



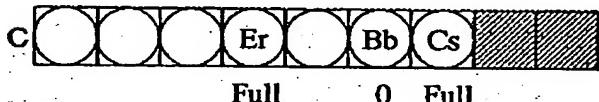
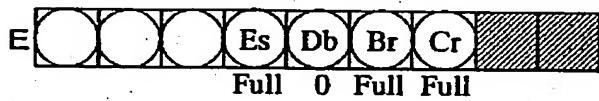
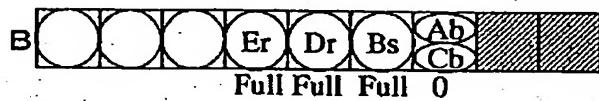
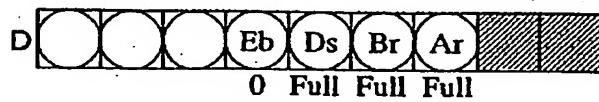
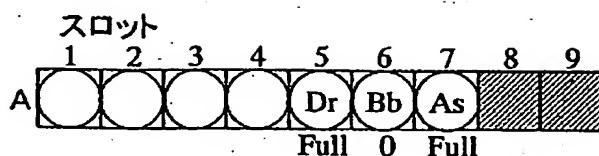
[図18]



[図19]

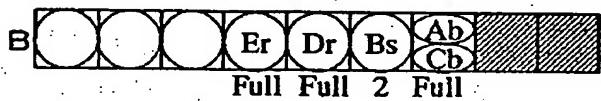
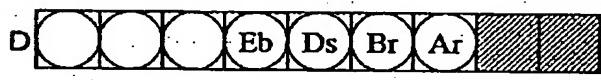
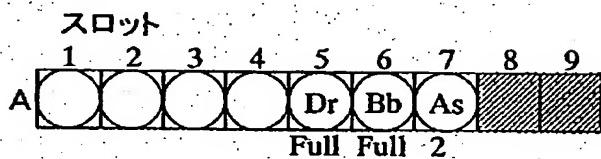


[図20A]



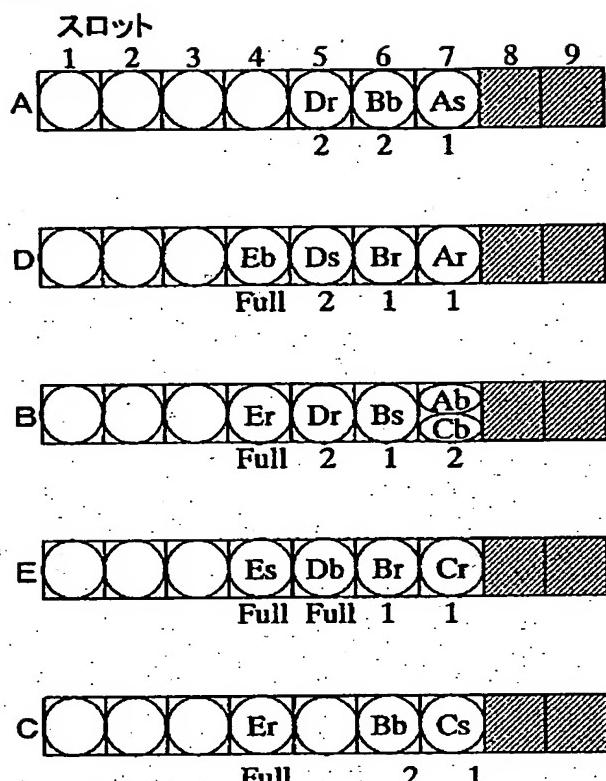
カウンタ

[図20B]



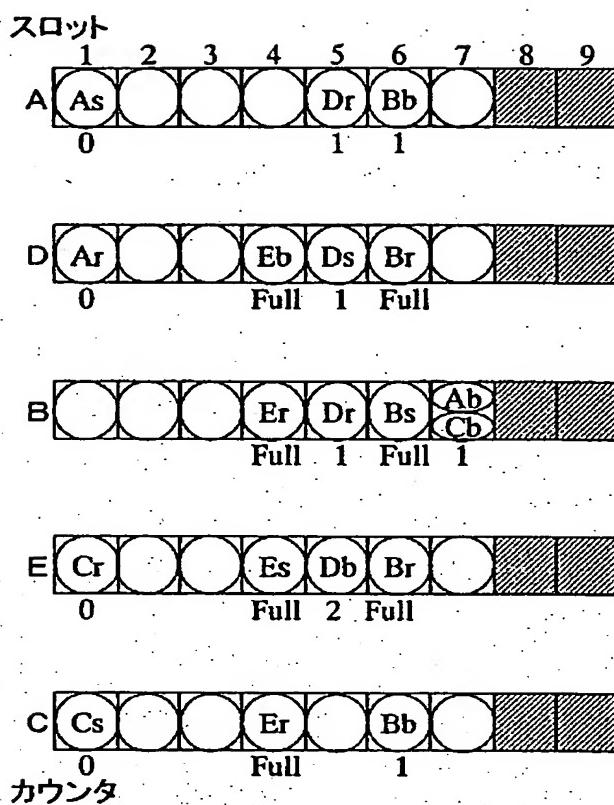
カウンタ

[図20C]

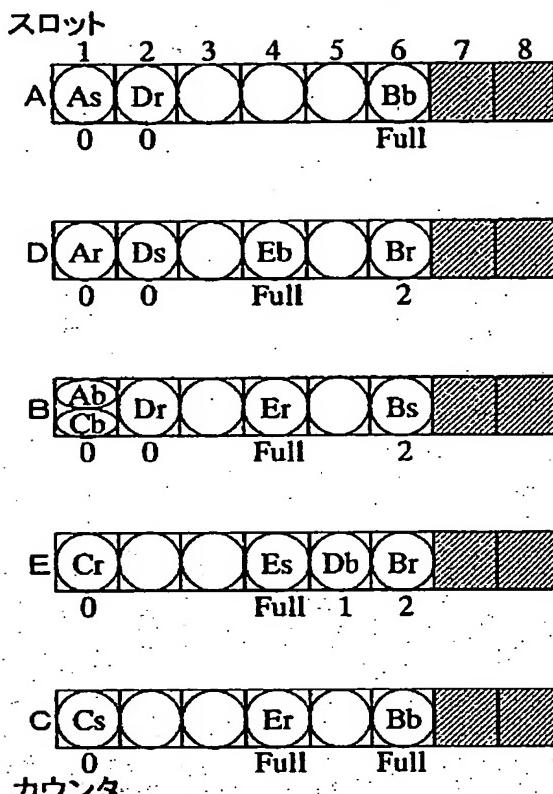


カウンタ

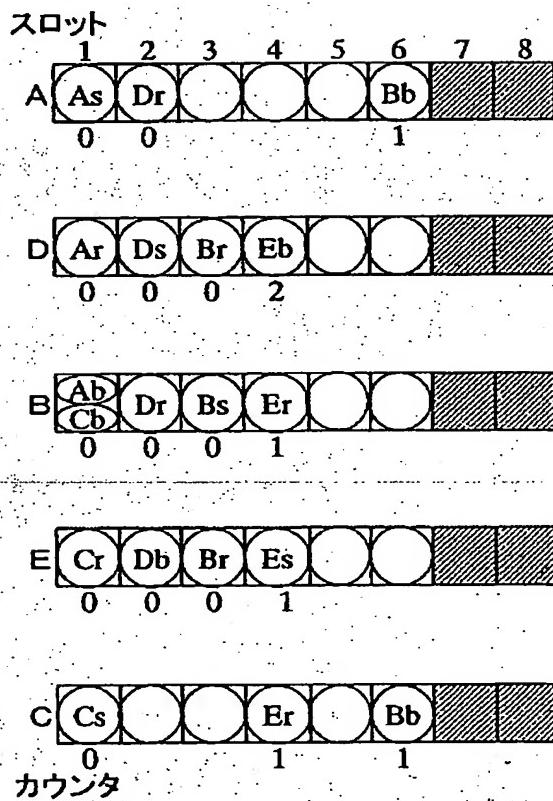
[図21A]



[図21B]

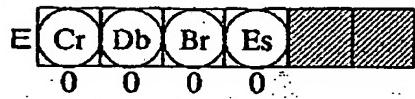
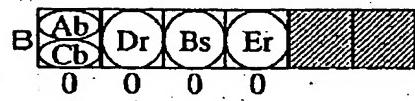
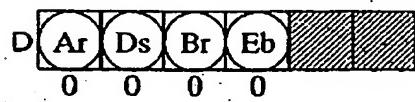
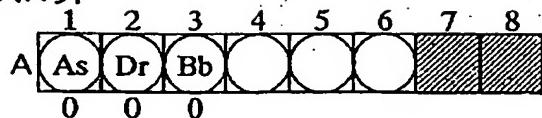
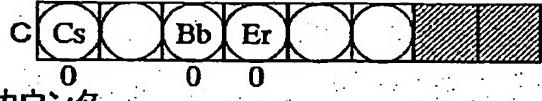


[図22A]

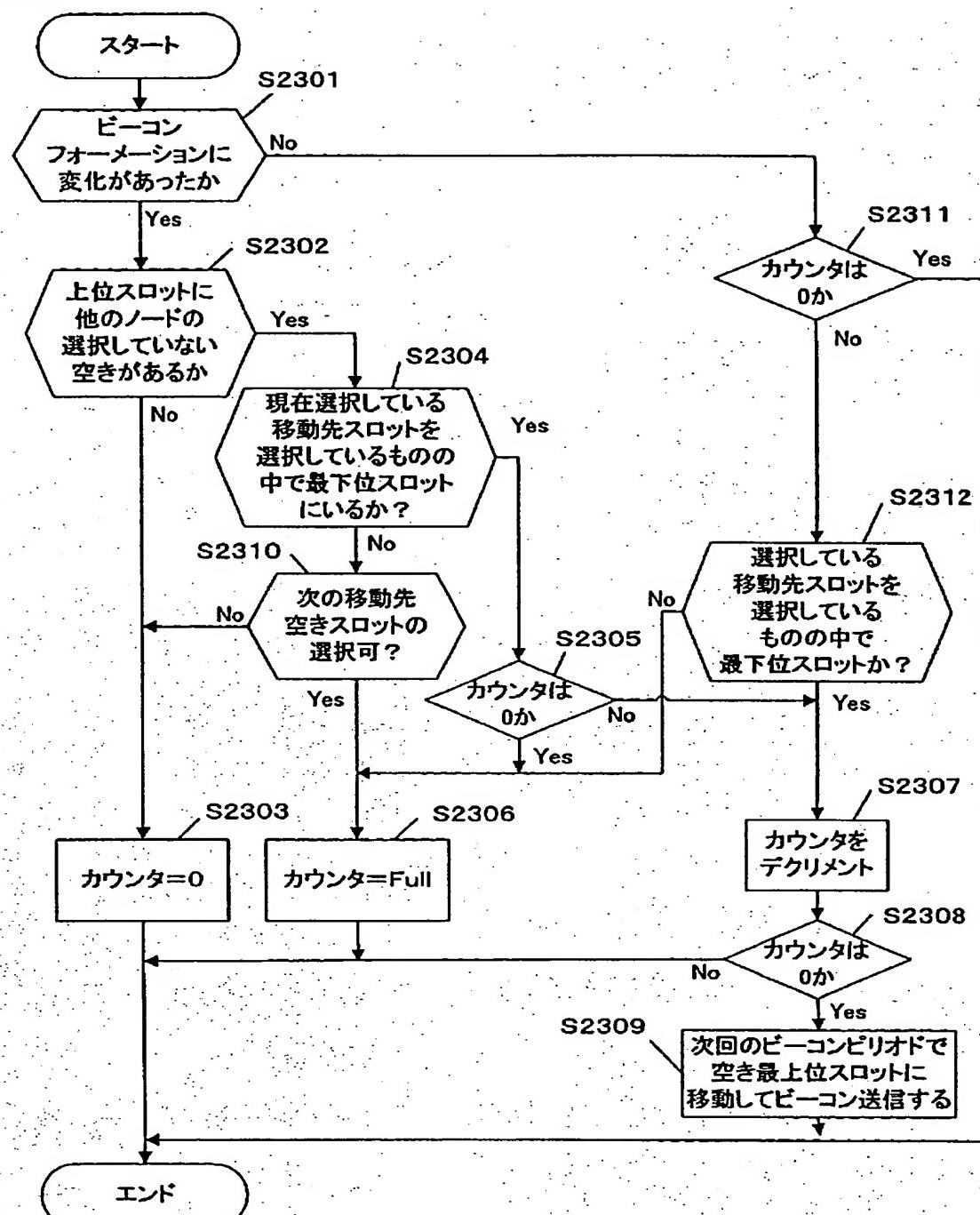


[図22B]

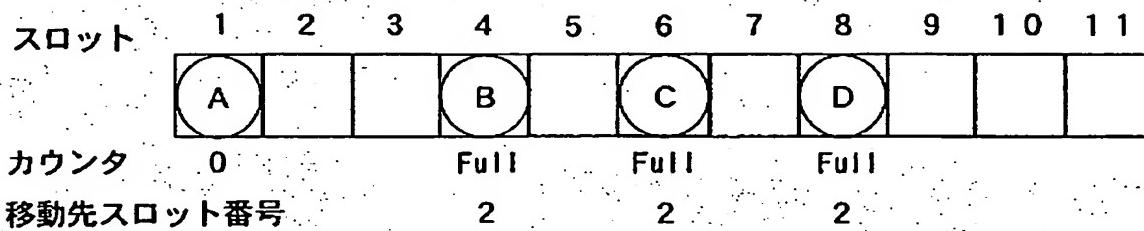
スロット

C [Cs Bb Er] 0 0 0
カウンタ

[図23]



[図24A]



[図24B]

スロット	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
カウンタ	0			Full	Full			2			
移動先スロット番号				3	3			2			

[図24C]

スロット	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
カウンタ	0			Full	2			1			
移動先スロット番号				3	3			2			

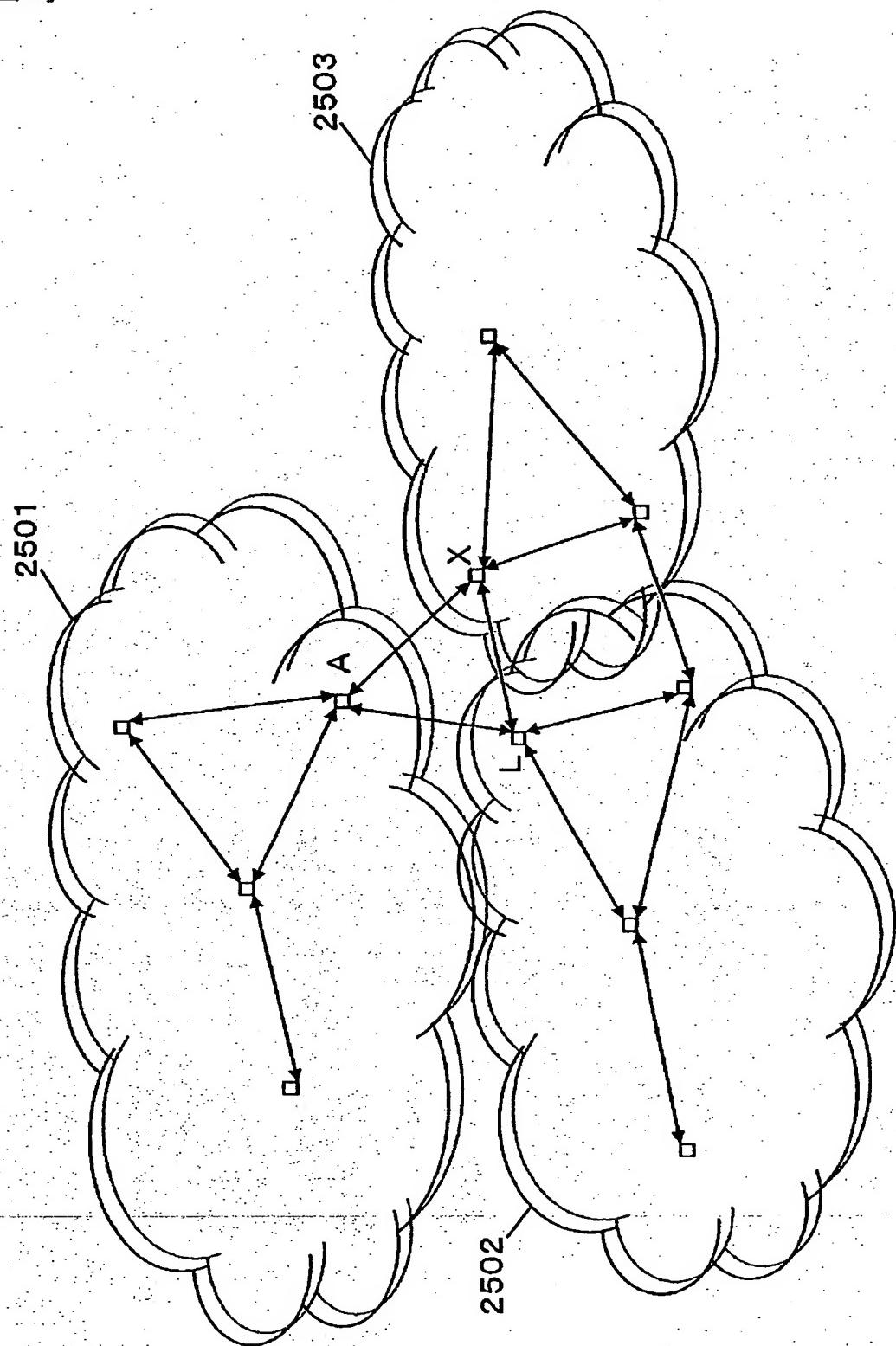
[図24D]

スロット	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
カウンタ	0	0		Full			1				
移動先スロット番号				3			3				

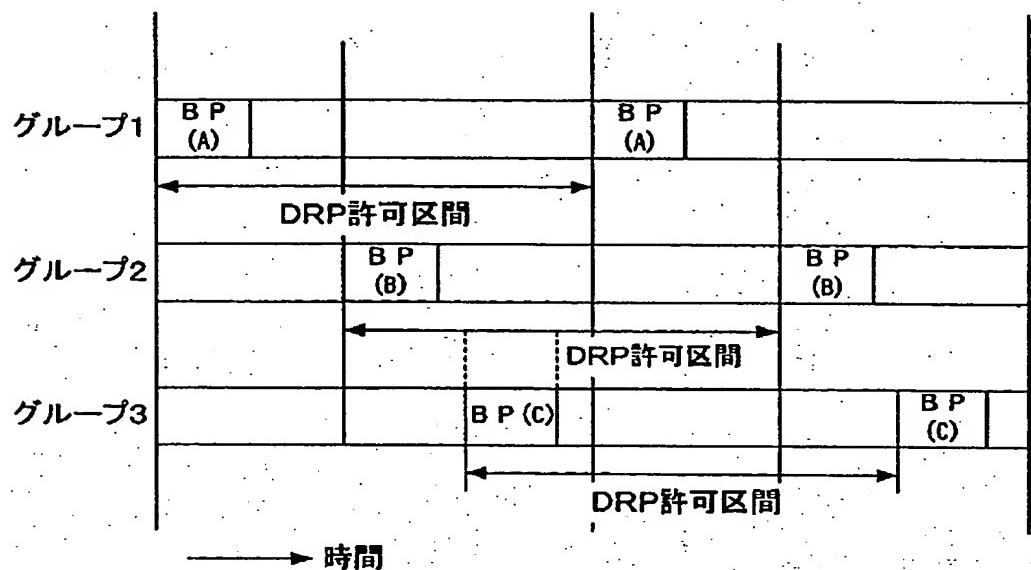
[図24E]

スロット	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
カウンタ	0	0	0	0							

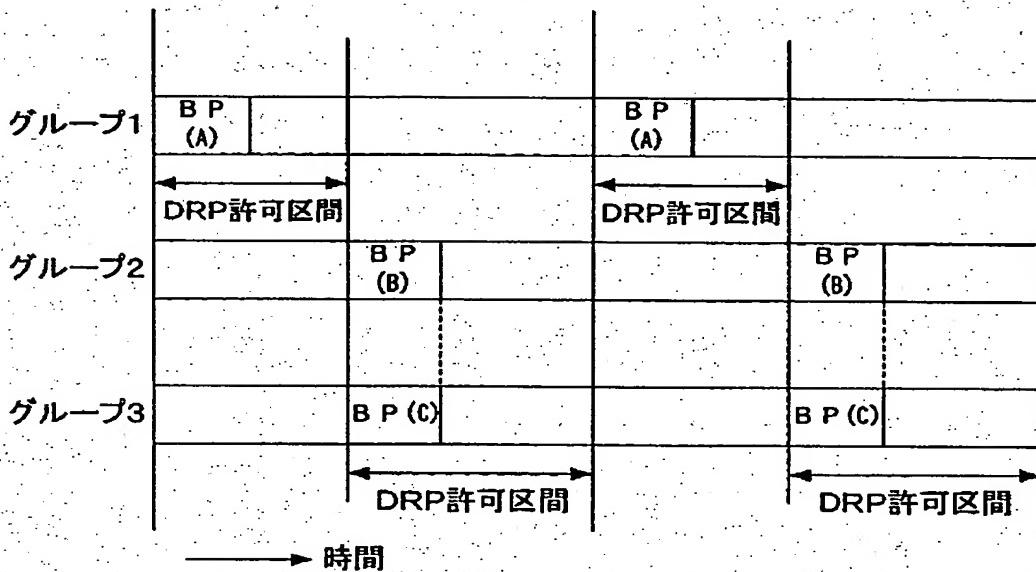
[図25]



[図26A]



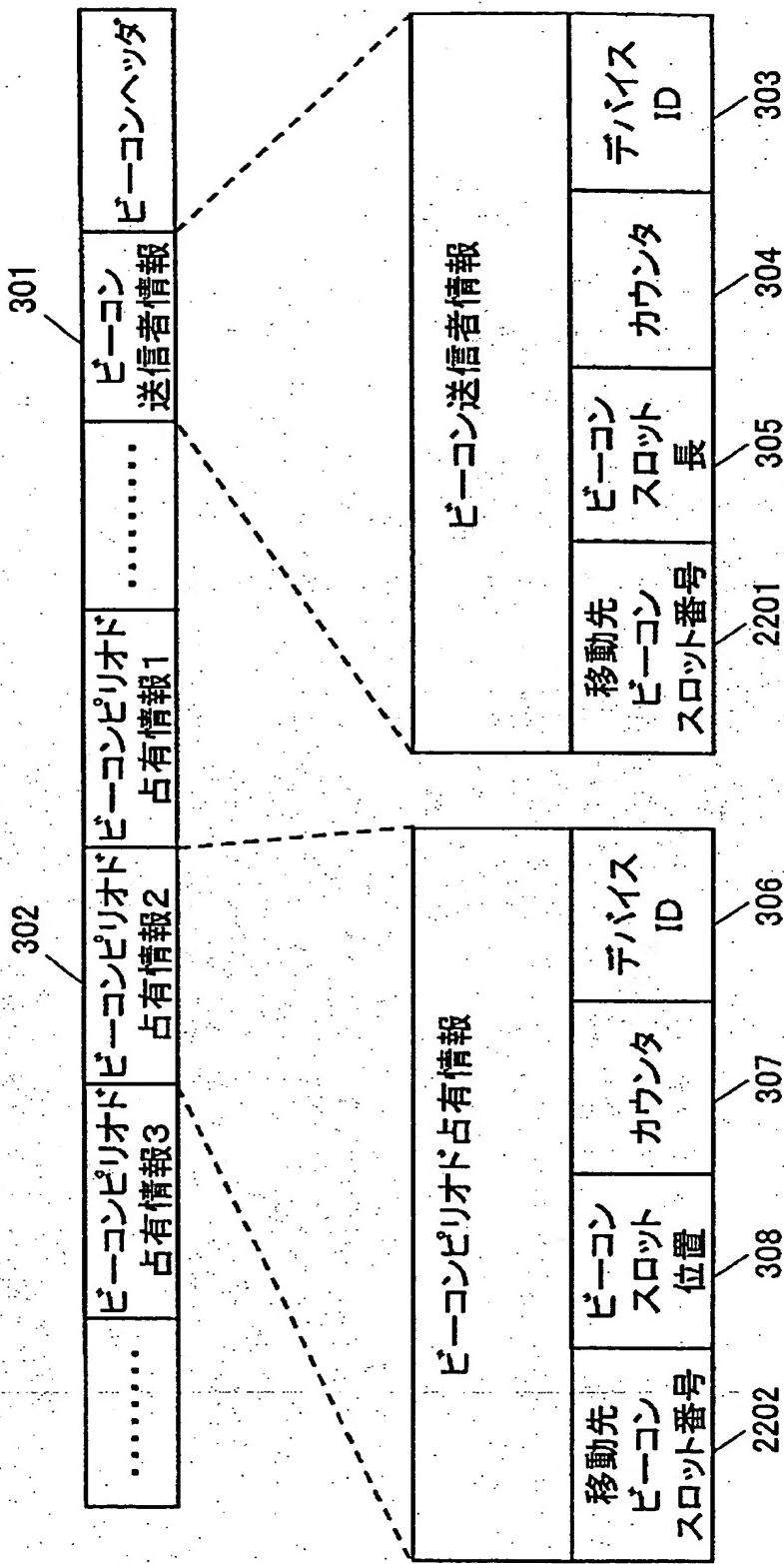
[図26B]



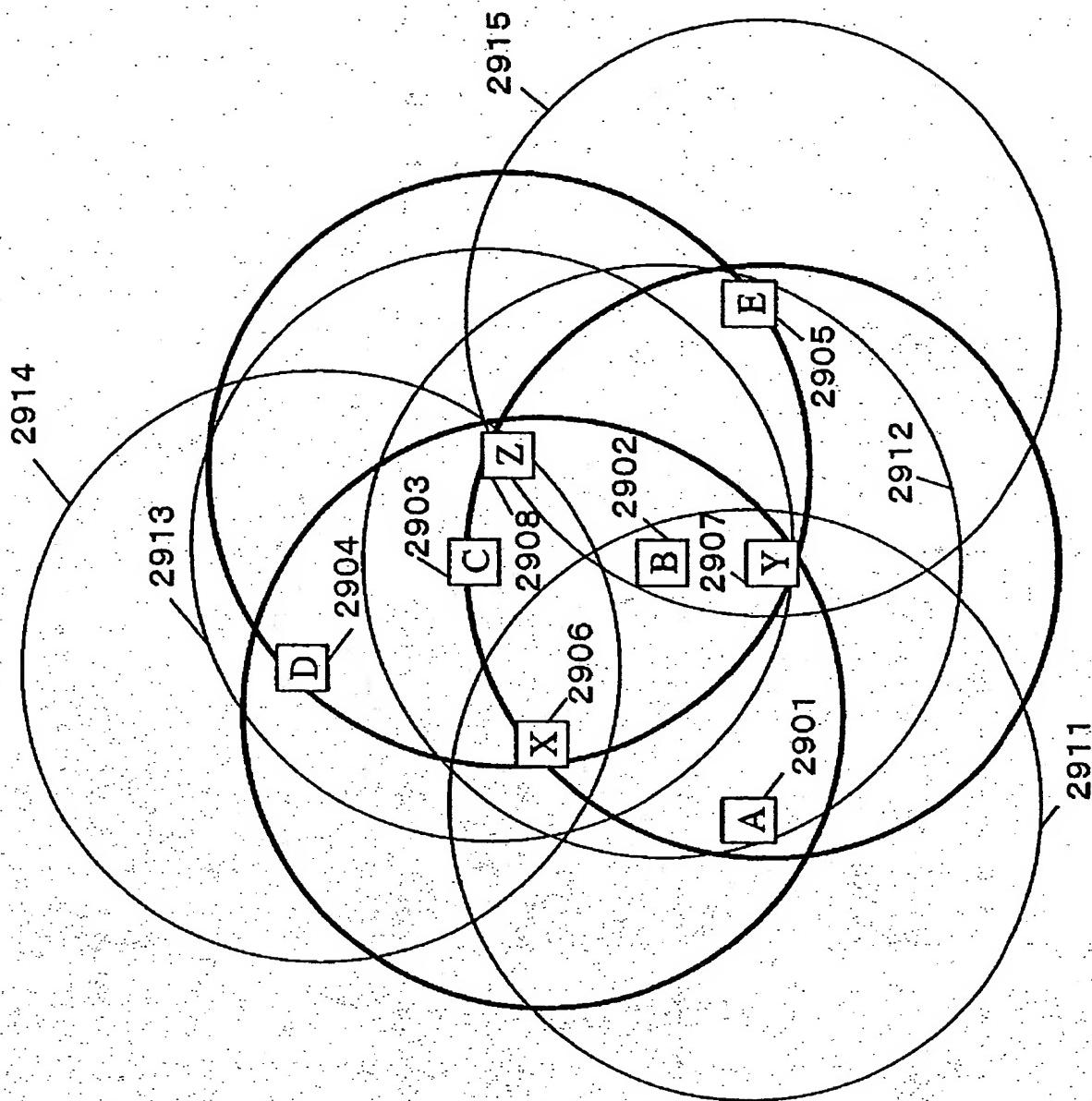
[図27]

スロット番号	デバイスID	使用状態	種別	移動予定スロットID
1	A	O	Beacon	O
2	O	O	O	O
3	O	O	O	O
4	B	3	Beacon	2
5	O	O	O	O
6	C	3	Beacon	2
7	O	O	O	O
8	D	3	Beacon	2

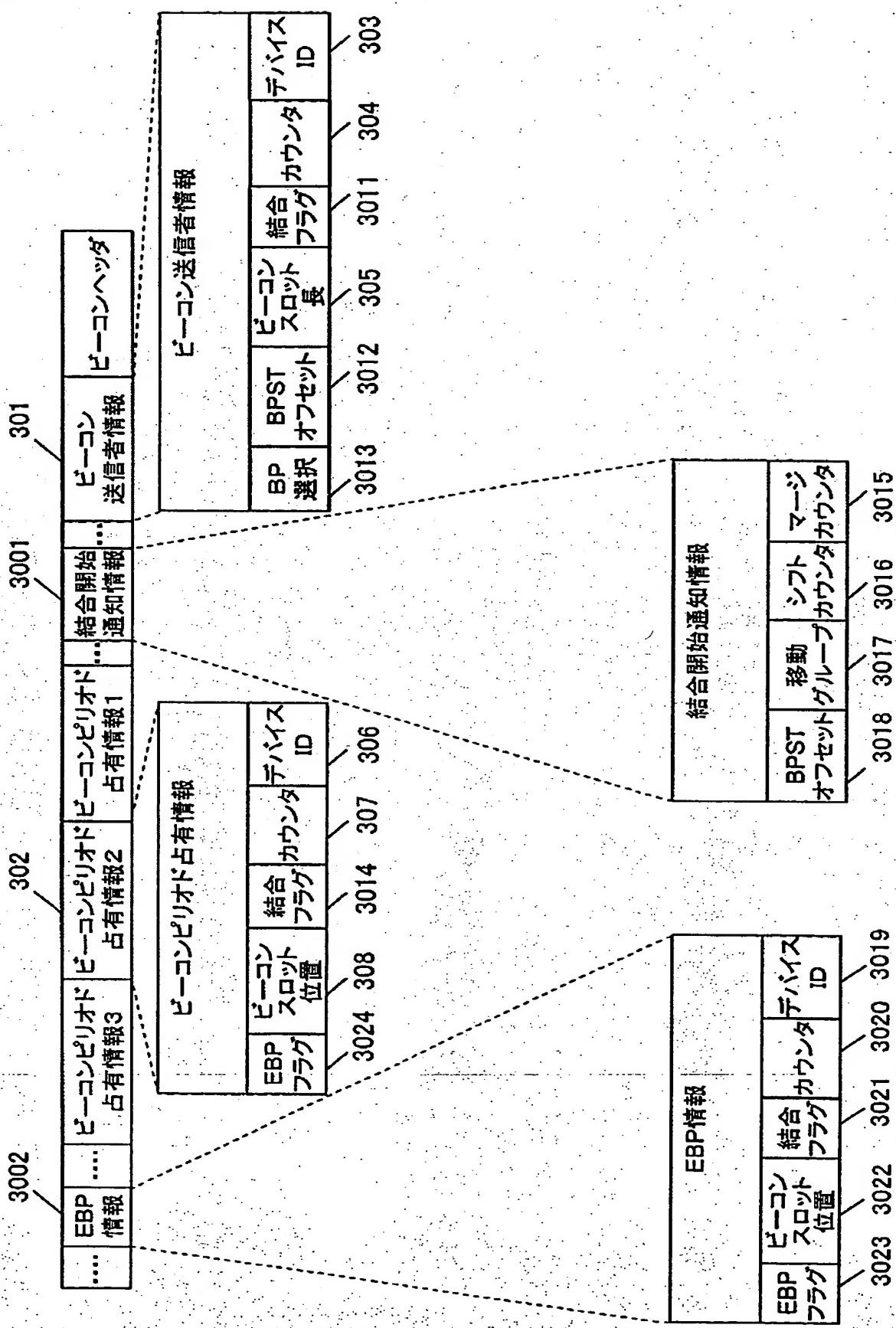
[図28]



[図29]

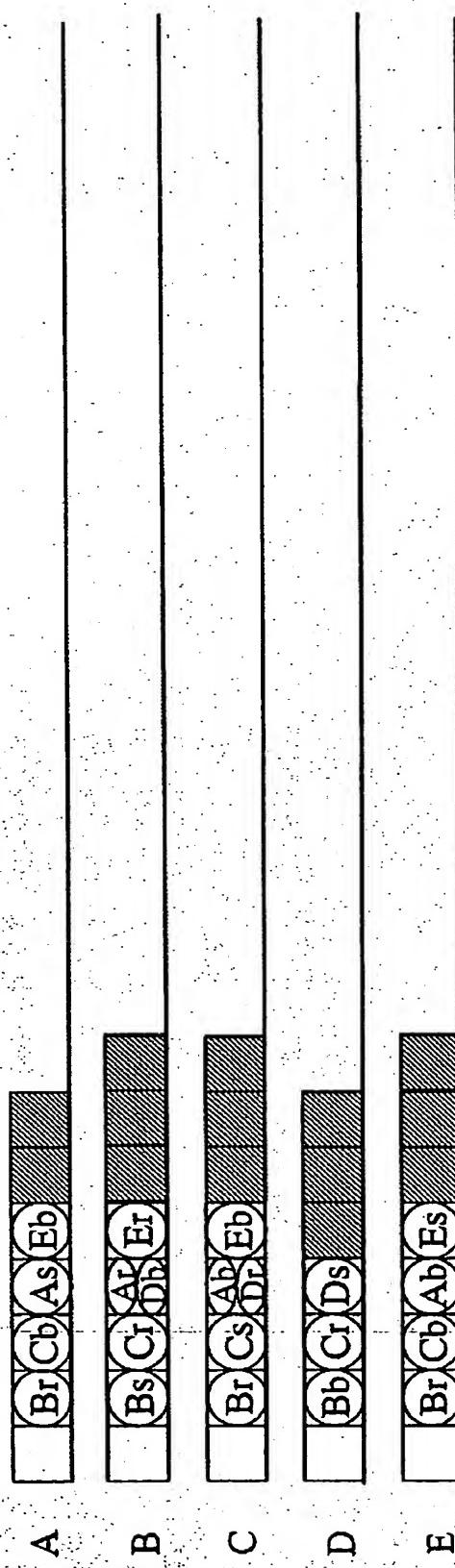


[図30]

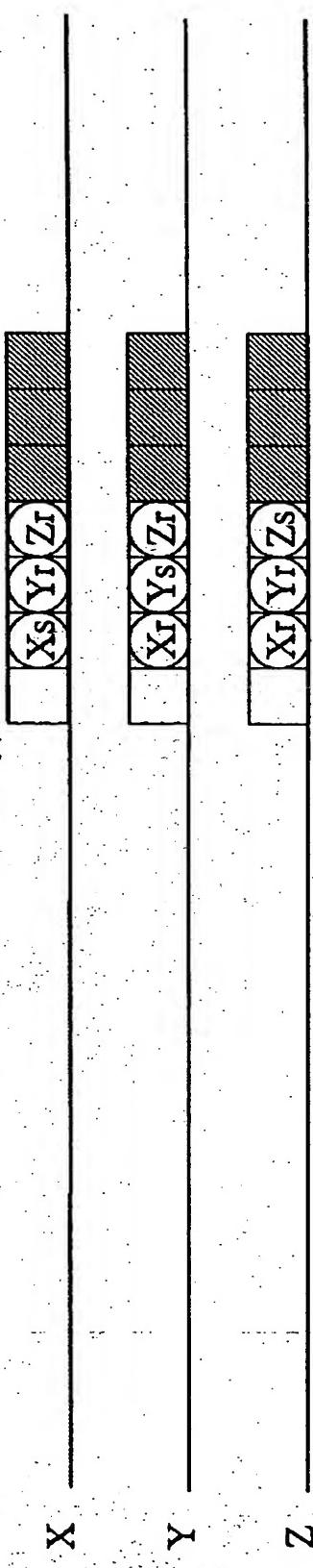


[図31]

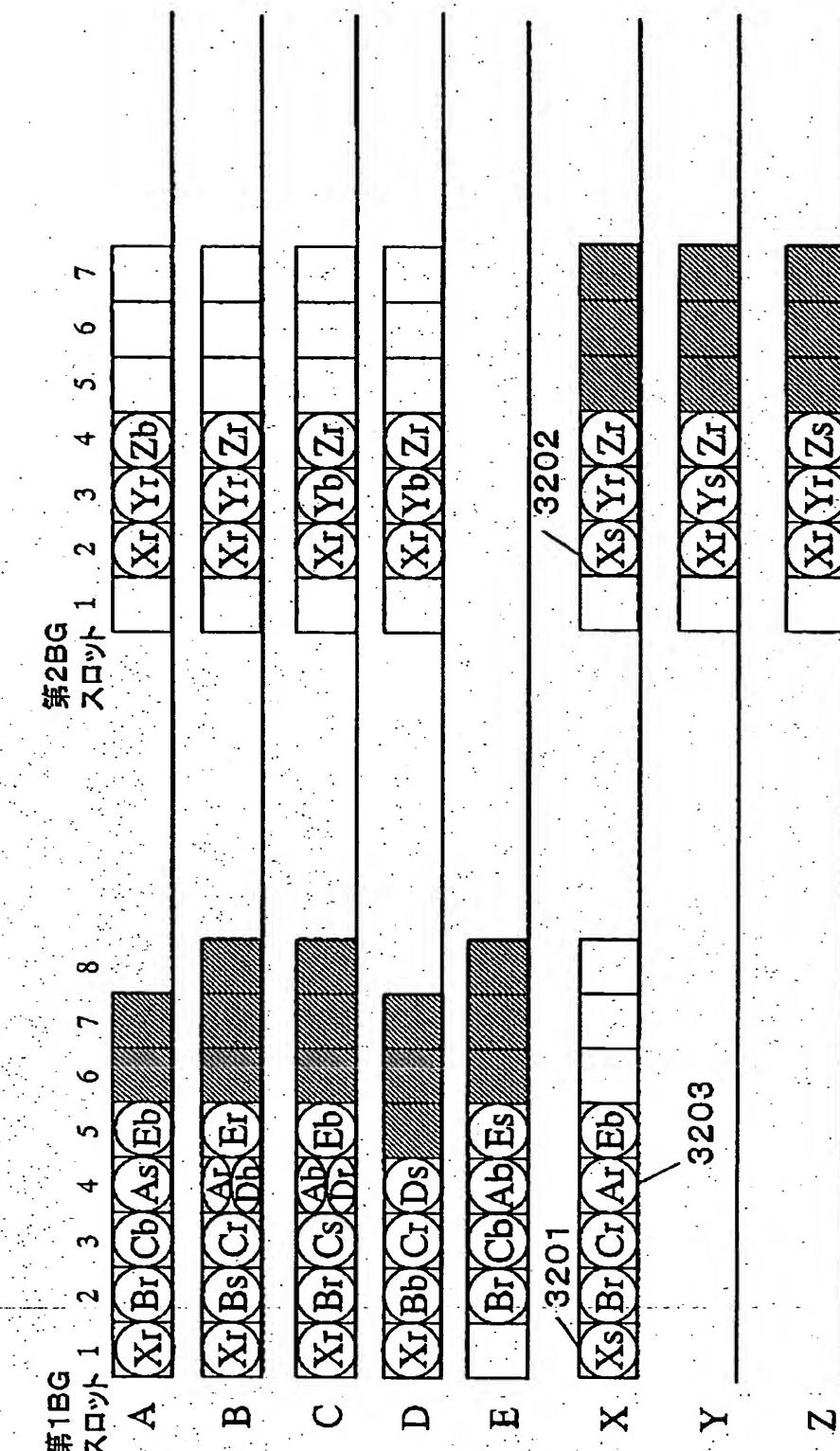
第1BG
スロット 1 2 3 4 5 6 7 8



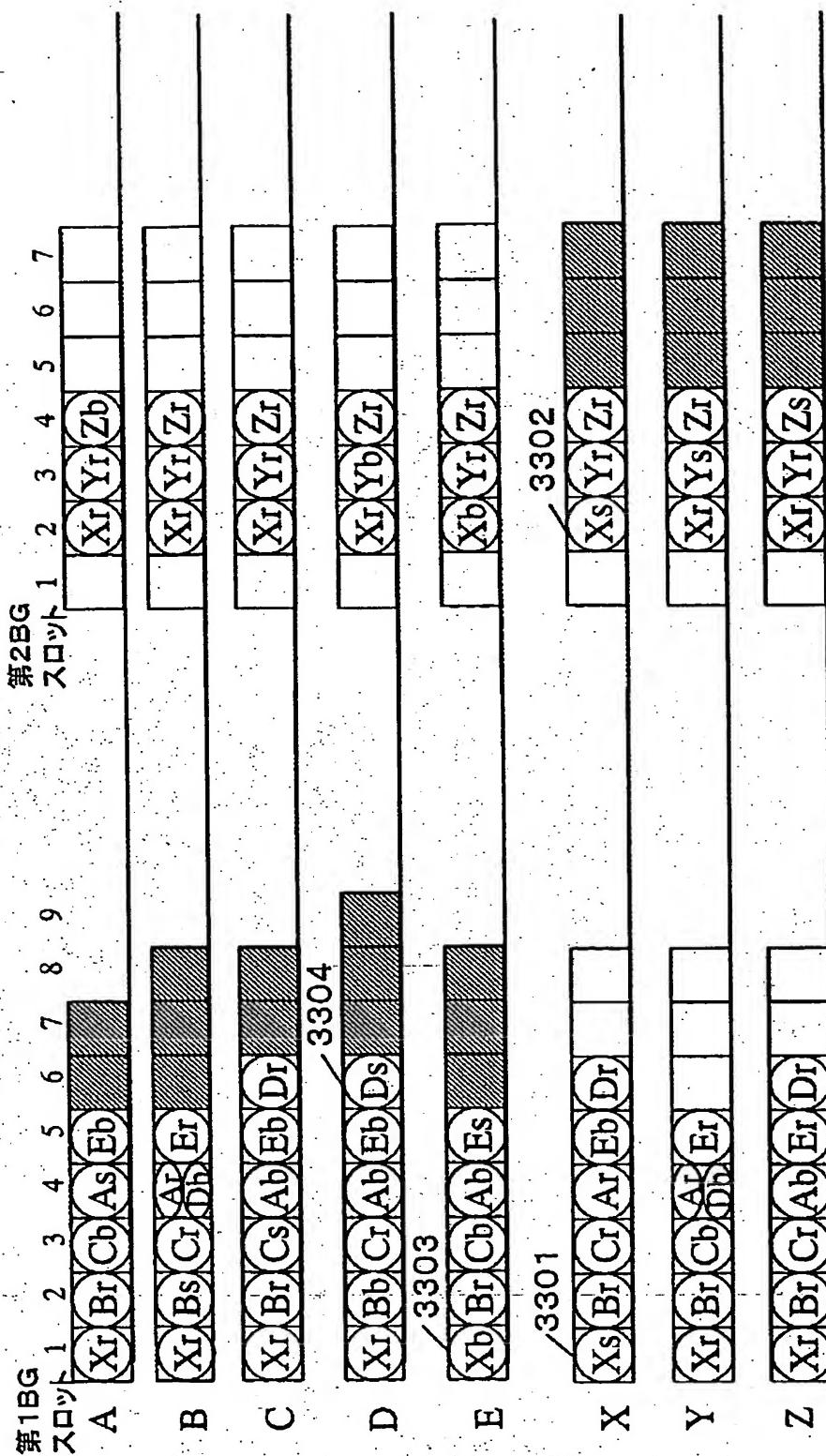
第2BG
スロット 1 2 3 4 5 6 7



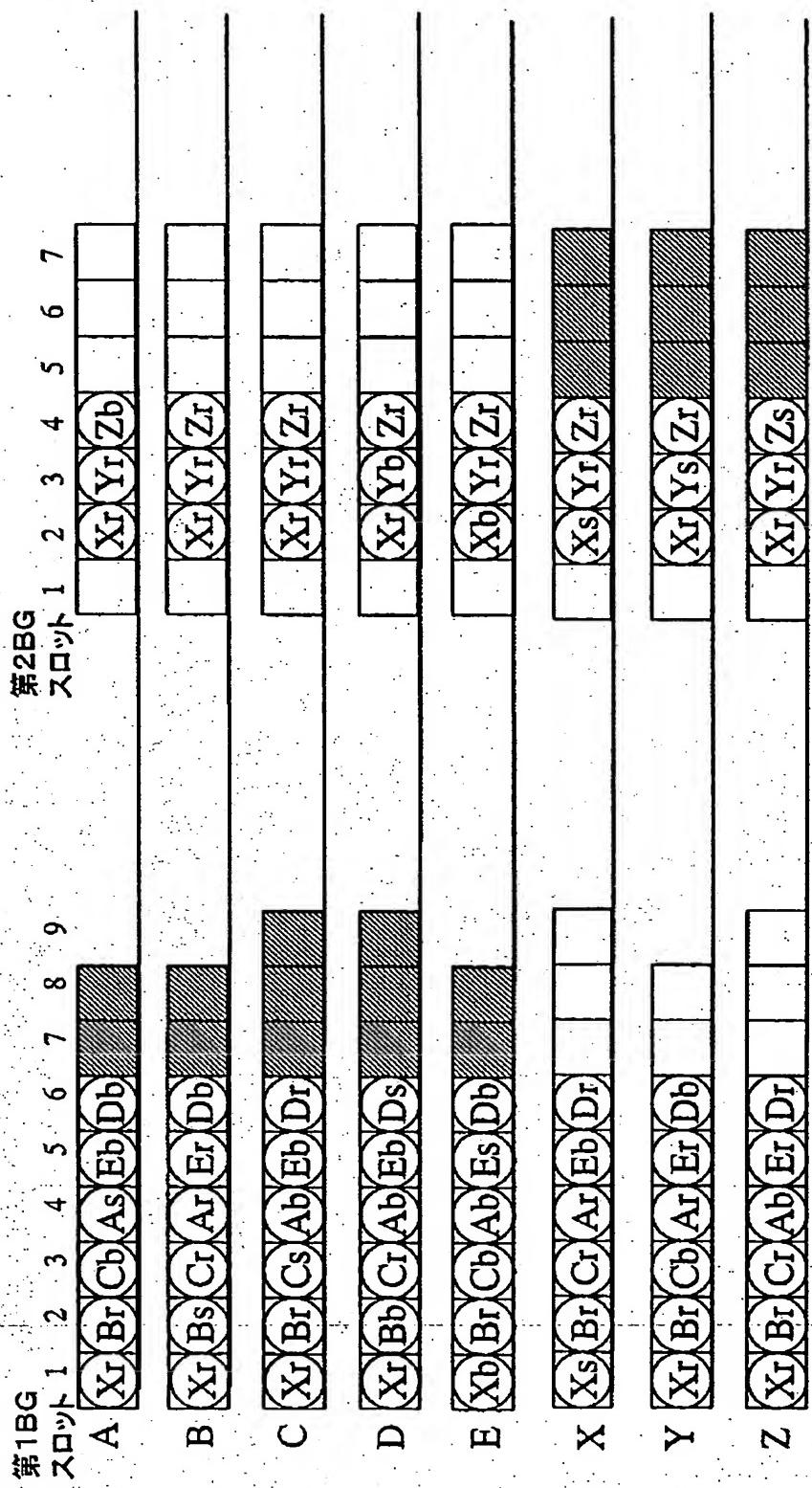
[図32]



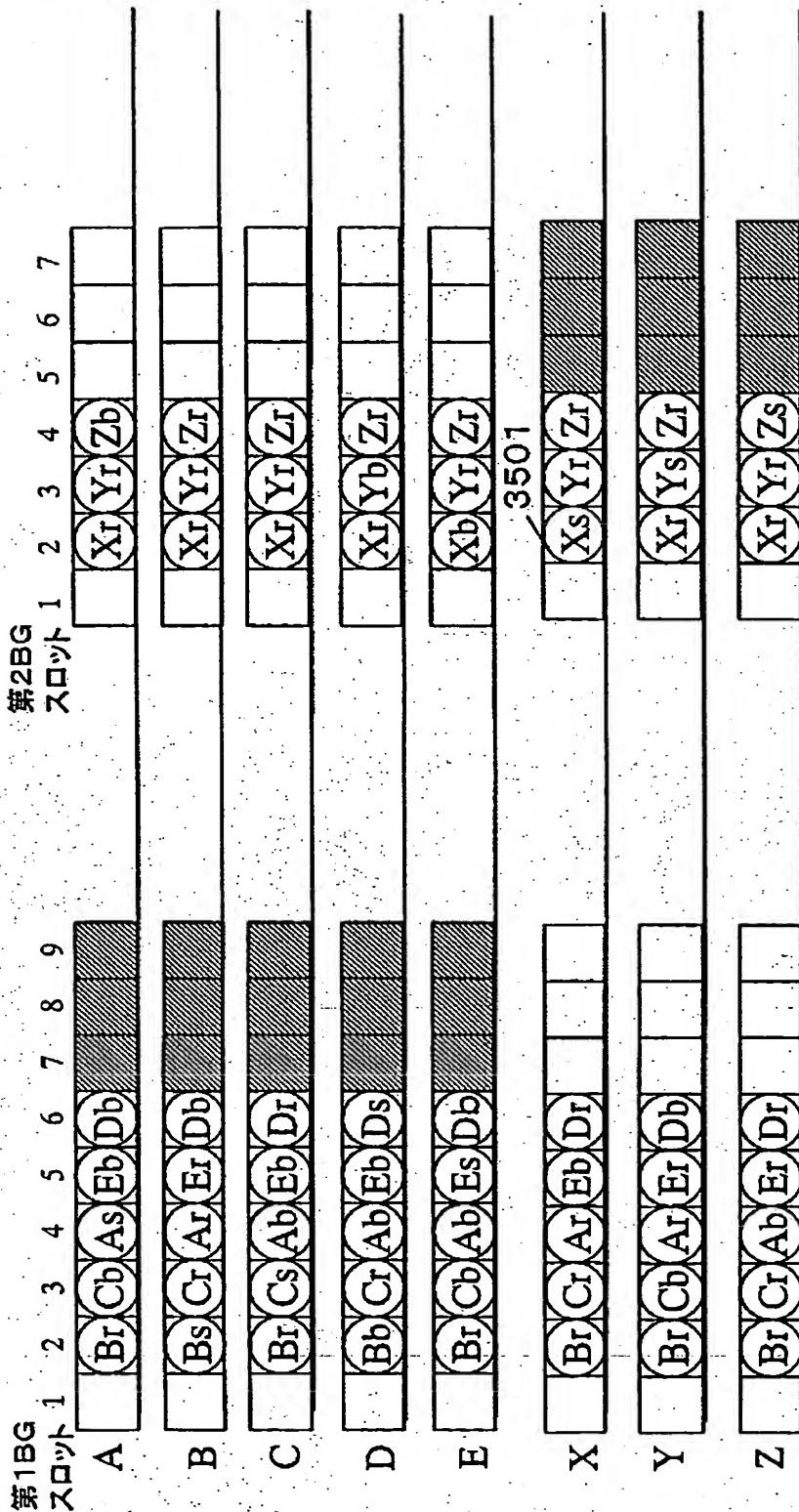
[図33]



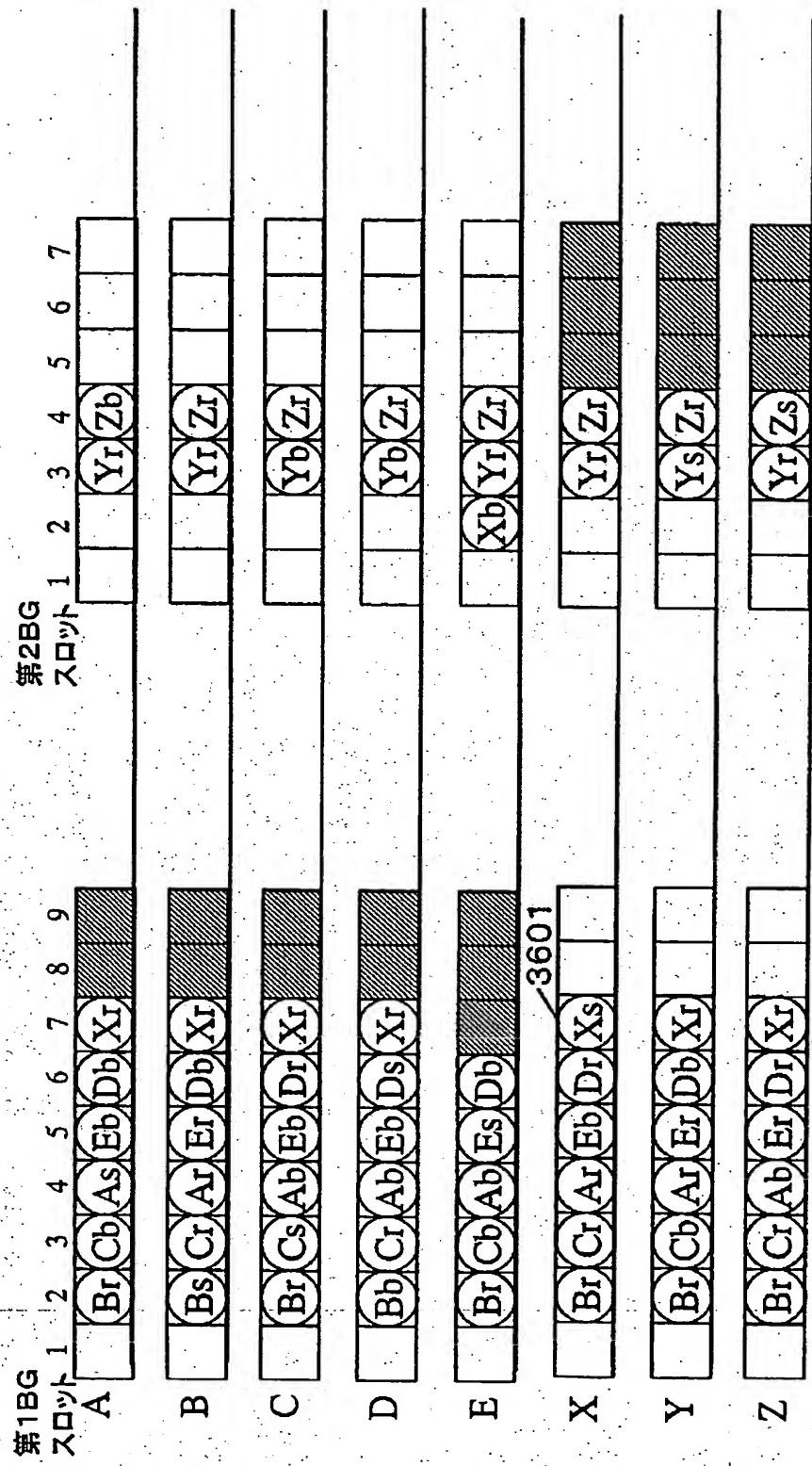
[図34]



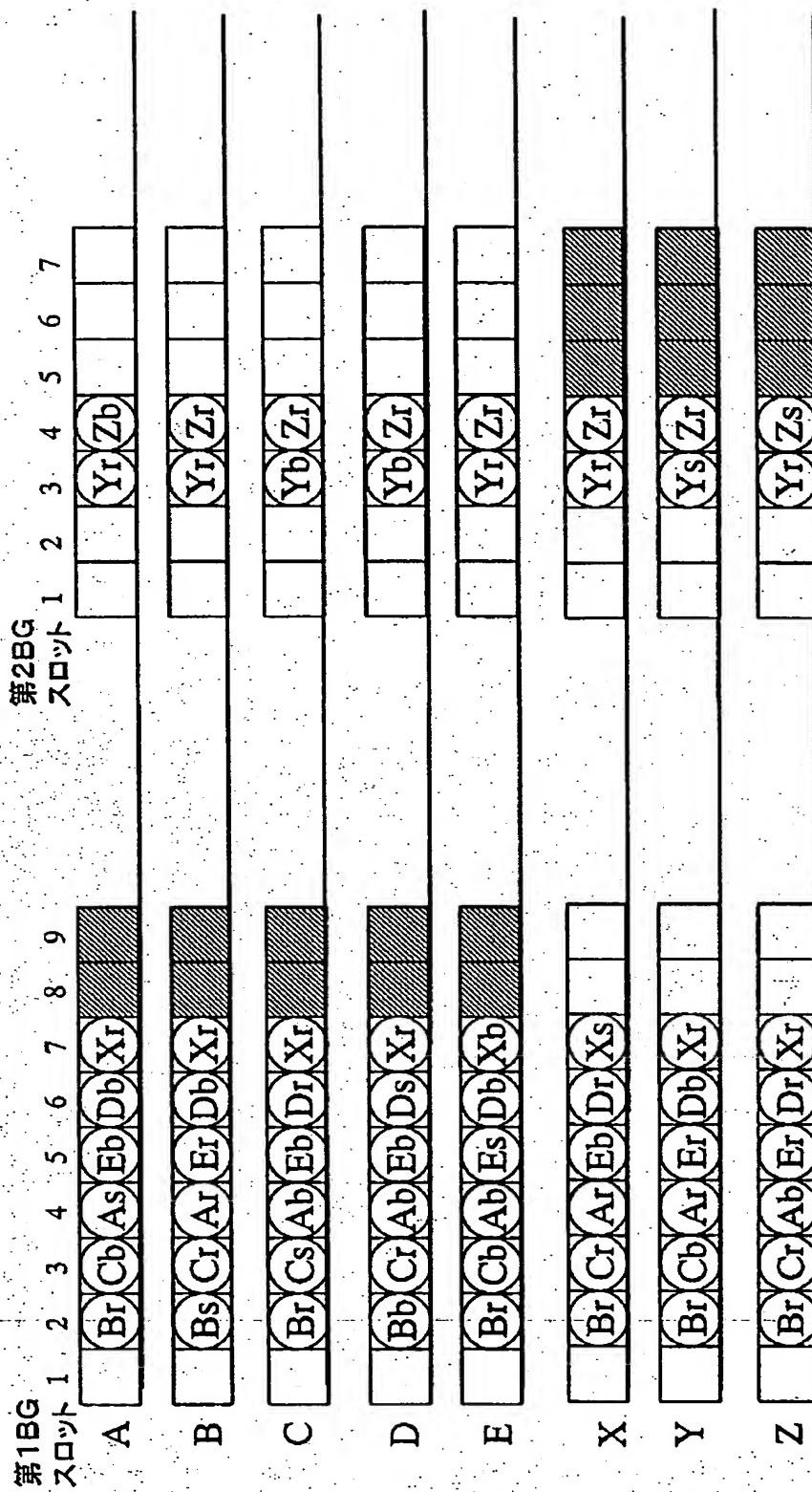
[図35]



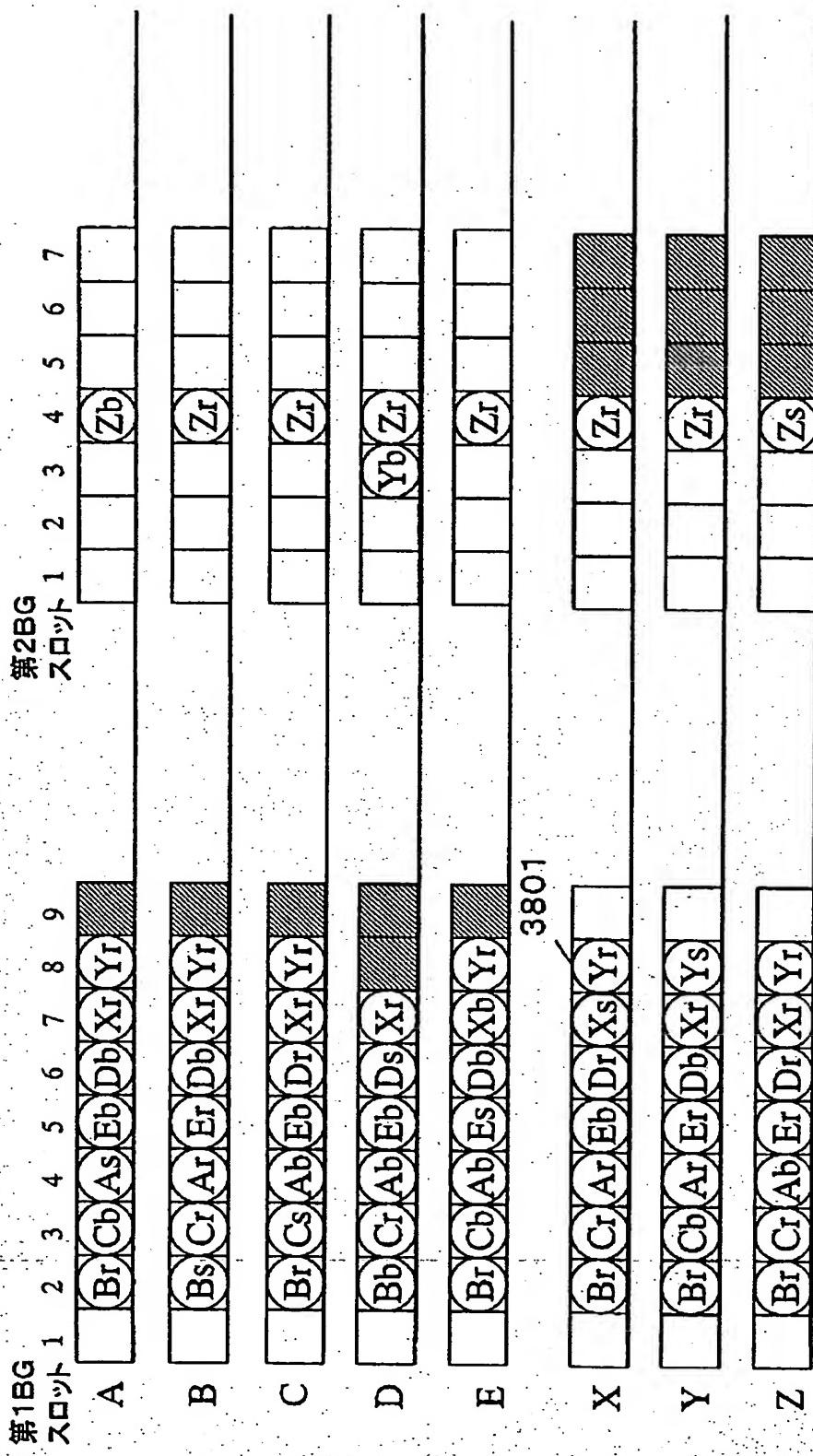
[図36]



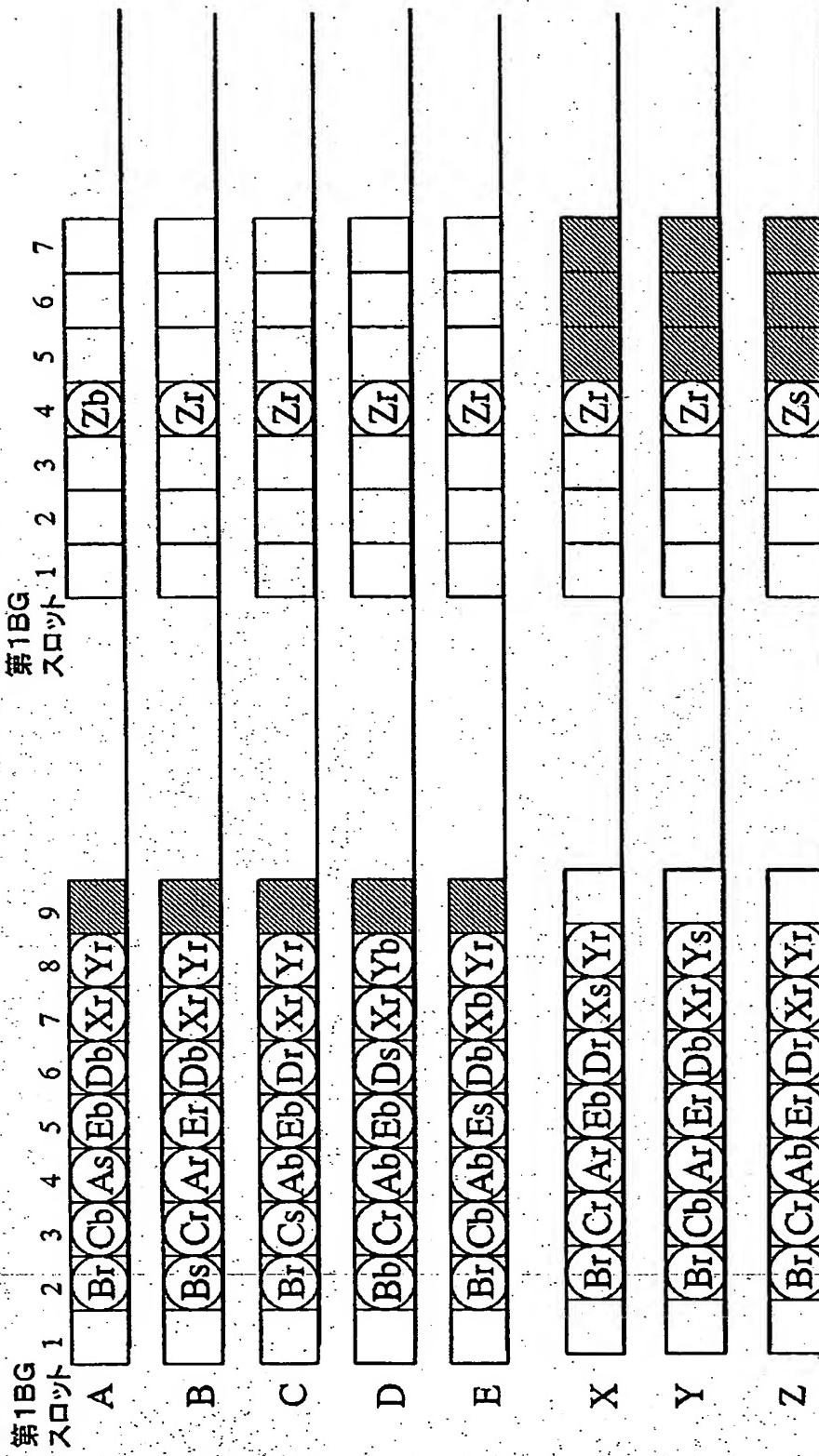
[図37]



[図38]



[図39]

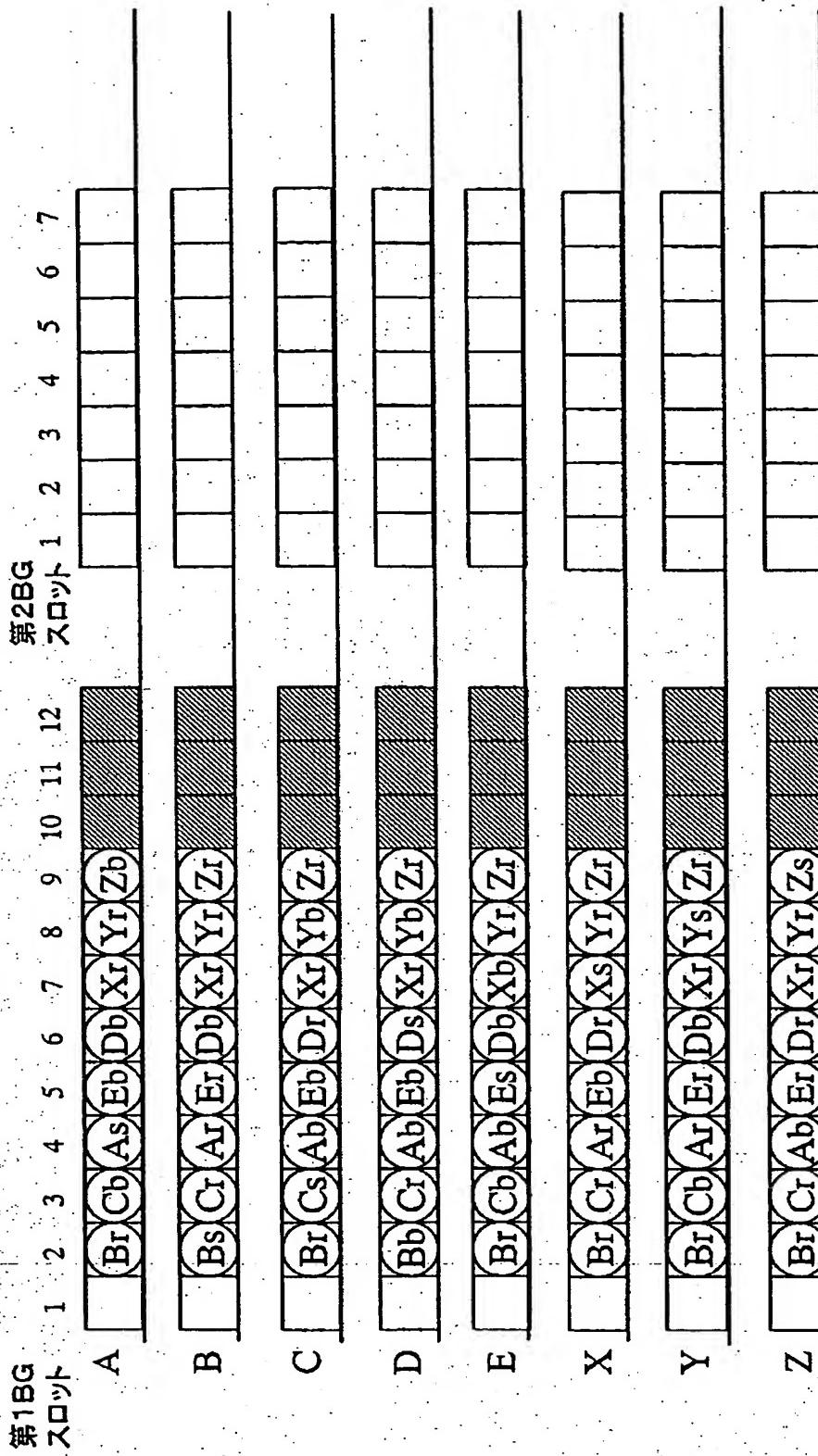


[図40]

第1BG スロット		1	2	3	4	5	6	7	8	9	第2BG スロット		1	2	3	4	5	6	7
A		Br	Cb	As	Eb	D _b	X _r	Y _r	Z _r										
B		Bs	C _r	A _r	E _r	D _b	X _r	Y _r	Z _r										
C		Br	C _s	A _b	E _b	D _r	X _r	Y _b	Z _r										
D		B _b	C _r	A _b	E _b	D _s	X _r	Y _b	Z _r										
E		Br	C _b	A _b	E _s	D _b	X _b	Y _r	Z _r										
X		Br	C _r	A _r	E _b	D _r	X _s	Y _r	Z _r										
Y		Br	C _b	A _r	E _r	D _b	X _r	Y _s	Z _r										
Z		Br	C _r	A _b	E _r	D _r	X _r	Y _r	Z _s										

4001

[※41]



[図42]

